



Universidade de Brasília

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO**

**Monitoramento e Controle da Ocupação Urbana**

Estudo de caso de monitoramento urbano baseado em técnicas de geoprocessamento na região localizada na confluência das bacias do Rio São Bartolomeu e Lago Paranoá no Distrito Federal

Isabela Sbampato Batista Reis de Paula

**Orientador: Gervásio Barbosa Soares Neto**

**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

Brasília – DF

2011

## **Resumo**

O processo de ocupação urbana no Brasil acontece, na maior parte das vezes, alheio aos instrumentos de planejamento urbano instituídos pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.257 de 1997. Nas cidades brasileiras as ações de planejamento e urbanização geralmente ocorrem somente após a consolidação das ocupações. Uma vez que os processos de urbanização se dão de forma desordenada e espontânea é comum observarmos a presença de ocupações urbanas situadas em áreas ambientalmente frágeis e legalmente inadequadas. Esse tipo de ocupação inadequada (ou irregular) contribui para degradação do meio ambiente além de potencializar os fenômenos ambientais urbanos tais como enchentes, deslizamentos, poluição do ar, escassez de água potável e o surgimento de ilhas de calor.

Na tentativa de mapear e minimizar esses acontecimentos, este trabalho discriminou através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, ocupações urbanas em áreas inadequadas em parte do Distrito Federal e, através da espacialização de parâmetros legais relacionados ao planejamento urbano, determinou a existência de áreas livres mais propícias ao crescimento urbano. Esses elementos servem de subsídio às atividades de monitoramento do crescimento urbano e auxiliam o poder público na tomada de decisão de ações de recuperação ambiental, regularização fundiária e expansão urbana.

As informações acerca das ocupações urbanas foram obtidas a partir da manipulação de dados vetoriais e imagens de satélite nos ambientes dos Softwares Arc View, Spring e Dinamica EGO. Durante o processo elaborou-se um modelo estático, baseado em técnicas de avaliação multicriterial e álgebra de mapas. O método mostrou-se capaz de auxiliar os municípios e o Distrito Federal na aquisição periódica de informações sobre o meio urbano.

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivos.....	6
1.1.1 Objetivos Gerais .....	6
1.1.2 Objetivos Específicos.....	7
1.2 Caracterização da Área de Estudo .....	7
<b>2. Materiais e Métodos .....</b>	<b>9</b>
2.1 Tratamento dos insumos básicos .....	10
2.1.1 Processamento de Imagem e Sensoriamento Remoto .....	10
2.1.2 Processamento de Dados Espaciais .....	13
2.1.2.1 - Mapa de declividades.....	13
2.1.2.2 - Mapa da rede hidrográfica.....	15
2.1.2.3 - Mapa de zoneamento segundo o Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT .....	1
2.1.2.4 - Mapa da rede infraestrutura viária e da rede de abastecimento de água, Mapa de localização dos equipamentos urbanos.....	17
2.2. Etapa de elaboração do modelo .....	18
2.2.1. Software Dinamica EGO.....	18
2.2.2. Modelo 1 - Determinação de áreas urbanas localizadas em locais inadequados.....	19
2.2.2.1 Parâmetros utilizados .....	19
2.2.2.2. APP de Hidrografia de acordo com o Código Florestal Brasileiro .....	20
2.2.2.3 Declividades superiores à 30% de acordo com a Lei nº 6.766/79.....	21
2.2.2.4 Restrições do PDOT: a Macrozona de Proteção Integral.....	22
2.2.2.5 Modelagem no ambiente Dinamica EGO .....	23
2.2.3 Modelo 2- Determinação de áreas favoráveis à ocupação urbana .....	29
2.2.3.1 Submodelo 1 - Determinação da mancha de áreas sem restrições legais à ocupação urbana. ....	29
2.2.3.2. Submodelo 2 - Determinação da mancha de áreas favoráveis à ocupação segundo distribuição de equipamentos urbanos regionais e de infraestrutura urbana. ....	31
<b>3. Análise dos Resultados: aspectos metodológicos e produtos .....</b>	<b>39</b>
<b>4. Conclusões .....</b>	<b>43</b>
<b>5. Bibliografia.....</b>	<b>44</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1– Localização da área de estudo.....</b>	<b>8</b>
Figura 2 - Mapa de uso do solo.....	12
Figura 4 -Mapa de declividades.....	14
Figura 6 - Rede hidrográfica.....	15
Figura 8 -Zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial para a área de estudo.....	17
Figura 12 -Manchas de áreas com declividades superiores à 30%. ....	24
Figura 13 -Mancha de restrição à ocupação urbana segundo o PDOT-DF, Macrozona de proteção integral. ....	25
Figura 14 -Manchas de restrição à ocupação urbana, APP da rede hidrográfica, buffer de 30m.....	26
Figura 15 -Manchas de restrição à ocupação urbana, APP de nascentes, buffer de 50 m. .	26
Figura 16 -Mapa de Áreas Inadequadas à Ocupação Urbana.....	27
Figura 17 -Mapa da Áreas Urbanizadas.....	28
Figura 18 - Mapa de ocupações urbanas em áreas inadequadas. ....	28
Figura 20 - Áreas livres com certo grau de adequabilidade à ocupação urbana. ....	30
Figura 23 -Buffer rede de água.....	34
Figura 24 -Buffer equipamentos de saúde. ....	35
Figura 26 -Buffer equipamentos de segurança. ....	36
Figura 28 - Mapas de áreas favoráveis à ocupação urbana segundo a localização da infraestrutura.....	37
Figura 29 - Mapa de áreas favoráveis à ocupação urbana. ....	38
Figura 30 - Uso Urbano na Macrozona de Proteção Integral.....	41
Figura 31 - Caracterização do uso do solo.....	41

## Lista de tabelas

Tabela 1 -Pesos e critérios utilizados na obtenção da mancha de áreas favoráveis à ocupação segundo distribuição de equipamentos urbanos regionais e de infraestrutura urbana.....	33
Tabela 2 -Resumo dos resultados obtidos. ....	39

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Tipos de área de restrição afetados pelo uso de solo inadequado. ....	40
Gráfico 2 - Gráfico comparativo das ocupações incidentes em áreas inadequadas.....	42

## 1. Introdução

A população urbana cresce continuamente em todo o mundo. As áreas urbanas ocupam cerca de 1% da superfície da terra. No Brasil, o censo realizado pelo IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2010, constatou que 84% da população reside em espaços urbanos. São nesses espaços que a maioria da população realiza suas interações sociais, ambientais e econômicas.

Segundo o dados do III Fórum Urbano Mundial, organizado pela Agência Habitat das Nações Unidas, 2006, os processos de urbanização acontecem através da criação de núcleos urbanos distribuídos de maneira não contígua às cidades e com bases irregulares e informais. Esse tipo de ocupação tende a aumentar o tempo de e o custo dos deslocamentos e de instalação de infraestrutura urbana.

No território brasileiro o avanço da urbanização acontece com grande velocidade, e na maior parte das vezes sem planejamento. Esse modelo é responsável por uma série de eventos que afetam o cotidiano da população. Nos últimos anos tornaram-se recorrentes os alagamentos, as enchentes e enxurradas urbanas, os deslizamentos de terra, os problemas relacionados à escassez de água potável, os altos níveis de poluição do ar dentre outros. Esses fenômenos são consequência da urbanização desordenada que contribui para o contínuo aumento da impermeabilização do solo, da densidade demográfica e da instalação de equipamentos e edificações em locais inadequados. Consideramos inadequada a ocupação antrópica situada em áreas ambientalmente frágeis tais como: margens de rios, encostas, áreas cobertas por vegetação nativa, ou em áreas que possuam algum tipo de restrição legal à ocupação.

A política nacional urbana, instituída pelos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 e regulamentada pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257 de 2001, oferece instrumentos de intervenção, ordenamento, planejamento e gestão territorial para serem incorporados às cidades em ações conjuntas do Poder Público (principalmente municípios e Distrito Federal) e sociedade civil. Dessa forma procura-se garantir a realização do direito à cidade e sua função social instituídos pela Constituição Brasileira.

Passados mais de 10 anos da aprovação do Estatuto da Cidade notamos que as cidades brasileiras ainda apresentam problemas relacionados ao planejamento e desenvolvimento urbano. Um dos aspectos que contribuem para a falta a gestão do território das cidades é a inexistência de informações espaciais atualizadas e periódicas que permitiriam o monitoramento da expansão dos assentamentos urbanos.

Nesse contexto, torna-se necessário avaliar a possibilidade de transposição de metodologias de sensoriamento remoto, fotointerpretação, classificação e criação de modelos urbanos para a produção de informações espaciais sistemáticas, acerca do uso e da ocupação do solo urbano. Essas informações permitiriam que o Poder Público realizasse ações mais eficazes na prevenção do surgimento de assentamentos em áreas consideradas inadequadas à ocupação urbana e no controle do crescimento das ocupações já consolidadas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivos Gerais**

Atualmente estão sendo discutidas no âmbito do governo Federal, através do Ministério das Cidades que é o órgão responsável pela promoção da Política Urbana Nacional, estratégias e ferramentas para a gestão, monitoramento e controle da ocupação urbana. Assim o principal objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia capaz de fornecer informações georrefenciadas acerca dos assentamentos urbanos, e destacar a existência de áreas urbanizadas localizadas em áreas inadequadas à ocupação.

Para elaboração da metodologia realizou-se um estudo de caso na região localizada na confluência das bacias do Rio São Bartolomeu e Lago Paranoá no Distrito Federal. Com o intuito de discriminar a ocupação urbana situada em áreas inapropriadas, levou-se em consideração parâmetros legais específicos, tais como o Plano Diretor do Distrito Federal, PDOT, o Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 4.771/65 e a Lei Federal nº 6.766/79 que trata do Parcelamento do Solo Urbano.

Na segunda etapa do trabalho foi desenvolvido um método para averiguar a existência de áreas livres mais propícias à expansão urbana, localizadas próximas à região com ocupações urbanas inadequadas.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Utilização de Sistemas de Informações Geográficas, por meio do software ArcMap 9.3 e Dinamica EGO, para manipulação das informações vetorizadas (pontos cotados, hidrografia, curvas de nível, localização de equipamentos urbanos, rede de abastecimento de água e sistema viário), elaboração de mapa de declividade, de *buffer* de cursos d'água e de nascentes e de bordas de chapada, *buffer* de área de abrangência dos equipamentos urbanos.

- Utilização dos *softwares* Spring 5.1.7 e Envi 4.8 para manipulação da imagem CBERS CCD, com o intuito de elaborar o mapa de uso da área de estudo.

- Cruzamento das informações obtidas para a confecção do mapa final e análise do grau de adequação das ocupações urbanas na área de estudo de acordo com o previsto na legislação específica.

## **1.2 Caracterização da Área de Estudo**

O Distrito Federal, DF, é uma unidade administrativa localizada na região Centro-Oeste do Brasil onde encontra-se a Capital Federal, Brasília, que hoje possui papel de metrópole nacional e de centro polarizador do desenvolvimento da Região Central do Brasil.

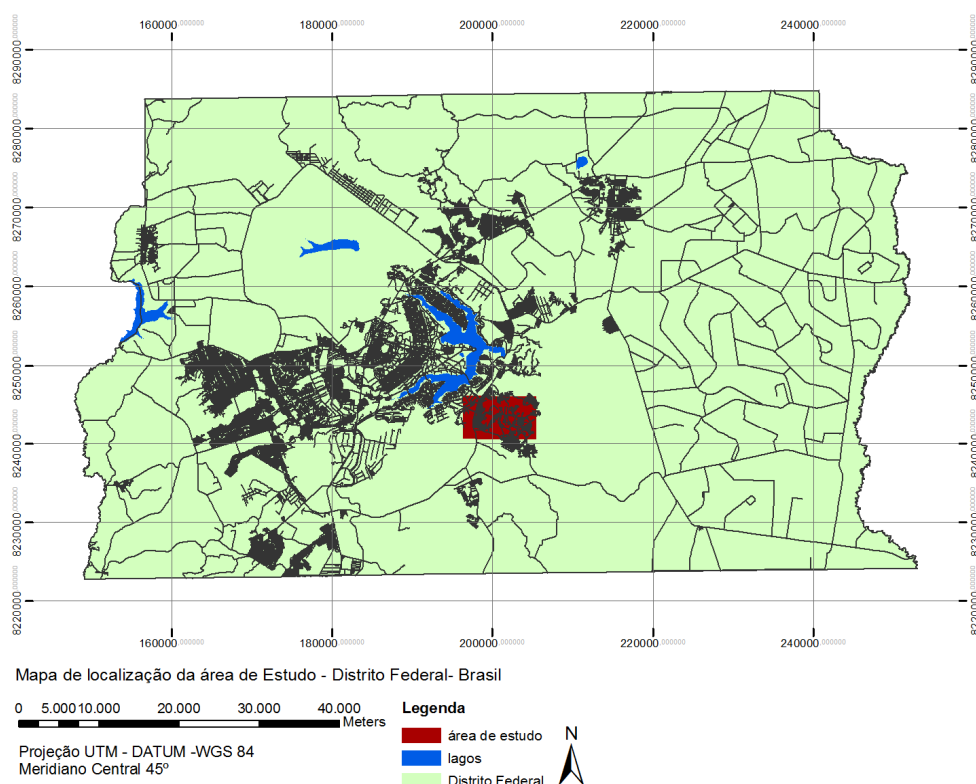
O censo de 2010 aponta que a população do Distrito Federal é de 2.570.160 habitantes, distribuídos numa área total de 5.787,784 Km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 444,07 hab/Km<sup>2</sup>.

O Distrito Federal localiza-se numa área ambientalmente frágil, onde estão situadas nascentes de tributárias de alguns dos principais rios brasileiros como o rio Maranhão (bacia hidrográfica do Tocantins) e o rio São Bartolomeu (bacia hidrográfica do Paraná). A

vegetação característica da região do DF é o cerrado, intercalando-se com campos (limpos e sujos), cerradões e por frondosas matas de galeria.

Além da cidade de Brasília ou Plano Piloto, constitui o Distrito Federal as demais Regiões Administrativas, as chamadas R.A.s. Neste estudo foi abordada parte da R.A. São Sebastião, que de acordo com dados da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SEDUMA é uma das regiões que mais cresce no DF, apresentando índices de 5,32% ao ano.

A área de estudo se localiza próximo à porção sudoeste do Plano Piloto, Figura 1, abrangendo a Macrozona Urbana e Macrozona de Proteção Integral do Distrito Federal, segundo classificação do PDOT, e está compreendida entre as coordenadas UTM  $x_1=195978.6892$ ;  $y_1=8245883.9934$ ;  $x_2=205038.6892$ ;  $y_2=8240683.9934$ ; Datum WGS84. A região está compreendida na área de confluência das bacias do Rio São Bartolomeu e Lago Paranoá. Essas áreas são consideradas de fragilidade ambiental por situarem-se próximo às zonas de proteção ambiental e de interesse ambiental.



**Figura 1– Localização da área de estudo.**



## 2. Materiais e Métodos

Os procedimentos metodológicos do estudo foram divididos em três etapas descritas a seguir:

1ª Etapa: Tratamento dos insumos básicos

- a) Delimitação da área de estudo.
- b) Processamento da Imagem e Sensoriamento Remoto: aquisição e tratamento de imagem de média resolução espacial do sensor CCD o satélite CBRES-2B do ano de 2008. Elaboração do mapa de uso e ocupação do solo em formato *raster*.

c) Confecção de mapas temáticos: aquisição e tratamento em ambiente SIG das bases temáticas vetoriais fornecidas pela Terracap, Companhia Imobiliária de Brasília (pontos cotados, hidrografia, curvas de nível, zoneamento PDOT, infraestrutura rodoviária, rede de abastecimento de água, localização dos equipamentos de saúde, educação e segurança).

2ª Etapa: elaboração dos modelos para discriminação das ocupações urbanas.

a) Levantamento dos parâmetros relacionados à ocupação urbana, presentes na legislação ambiental e do parcelamento do solo para elaboração dos critérios utilizados no modelo.

b) Elaboração dos modelos no ambiente Dinamica EGO:

Modelo 1 = Determinação de áreas urbanas localizadas em locais inadequados.

Modelo 2 = Determinação de áreas favoráveis à ocupação, composto pela interseção dos seguintes submodelos.

-Determinação de manchas de áreas sem restrições legais à ocupação urbana.

-Determinação de manchas de áreas favoráveis à ocupação segundo distribuição da infraestrutura urbana.

c) Obtenção dos mapas de ocupação urbana em áreas inadequadas; criação do mapa de áreas adequadas à ocupação urbana, através de técnicas de álgebra de mapas e compilação dos resultados encontrados em tabelas e gráficos comparativos.

3ª Etapa: Análise dos resultados

a) Apresentação, discussão dos resultados, conclusão

## **2.1 Tratamento dos insumos básicos**

### **2.1.1 Processamento de Imagem e Sensoriamento Remoto**

Segundo o Manual técnico de uso da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, o mapeamento do uso e da cobertura da Terra indica a distribuição geográfica das tipologias de uso, que podem ser identificadas através de padrões homogêneos de cobertura terrestre. A interpretação e classificação de imagens digitais de sensores remotos busca identificar esses padrões e partes homogêneas para realizar sua espacialização através de mapas e cartas. Assim, para a confecção do mapa de uso e ocupação foi utilizado como insumo básico a imagem do satélite sino-brasileiro de recursos terrestres, CBERS-2B, sensor CCD (Couple Charged Device), adquirida em 1 de julho de 2008 e disponibilizada pelo INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

A câmera CCD possui cinco faixas espectrais (5 bandas) e fornece imagens de uma faixa de 113 Km de largura a uma resolução espacial de 20 metros. De acordo com DURAND et al. 2007, as imagens de média resolução, 20 metros, apresentam uma relação custo/benefício satisfatória na obtenção de informações atualizadas, em curtos intervalos de tempo para um grande número de aglomerações urbanas.

Na escolha do satélite é necessário considerar o tamanho da menor unidade de área mapeável, que neste estudo é o lote urbano. Segundo o Manual técnico de uso da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE a unidade de mapeamento corresponde a uma cobertura de padrão homogêneo ou por uma combinação de áreas homogêneas que configuram um tipo de cobertura terrestre. Dessa forma antes de escolhermos o sensor CCD realizamos testes com imagens de outros satélites como o LANDSAT – 7 sensor ETM+, que também disponibiliza imagens com boa resolução temporal. Entretanto como a menor unidade urbana, o lote, possui na maioria das vezes, área inferior à 900 m<sup>2</sup> (área referente à resolução espacial de 30 metros do LANDSAT) optou-se pela imagem do satélite CBRES por esta possuir área do pixel (400 m<sup>2</sup>) mais compatível com as dimensões dos alvos relevantes para o estudo. Além disso cabe ressaltar que para a elaboração do mapa das área de proteção ambiental ao longo de cursos d'água, é importante a detecção de alvos com dimensões menores que 30 metros de largura, uma vez que essa é dimensão mínima para APP determinada pelo Código Florestal Brasileiro.

Procedemos o registro e georreferenciamento da imagem, a partir da base vetorial no *software* ArcGIS. O processamento foi realizado no *software* ENVI 4.8, composição colorida B3 – R, B4 - G, B2 –B. A escolha da composição das bandas foi baseada na resposta espectral dos alvos e buscou destacar as manchas urbanas das áreas não antropizadas. A seguir procedeu-se o recorte (*spatial subsize*) envolvendo a área selecionada para o estudo.

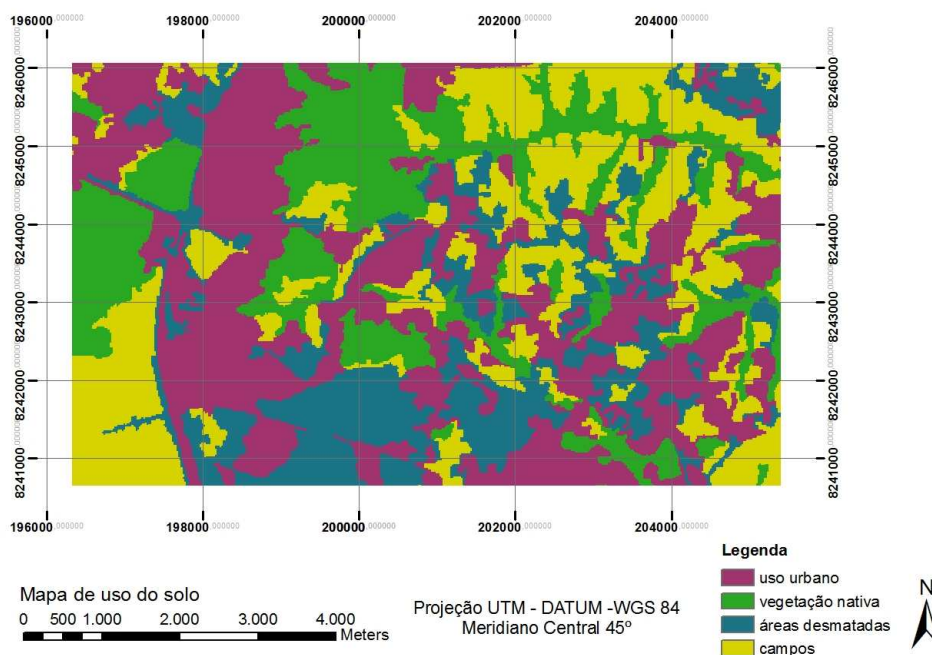
Para classificação supervisionada da imagem e elaboração do mapa de uso e ocupação foi empregado o *software* Spring 5.1.7. A primeira fase consistiu na segmentação da imagem. Nessa etapa os objetos classificados foram delimitados em seus respectivos níveis de detalhe. A segmentação parte do princípio de que a interpretação de uma imagem deve considerar as informações espectrais e as informações relacionadas aos objetos (como forma e tamanho). Segundo ANTUNES (2003) é necessário que o processo de segmentação seja moldado em função da resolução da imagem e da escala utilizada no estudo.

Neste estudo, o método de segmentação utilizado foi o de crescimento de regiões, que utiliza técnicas de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes espacialmente, podem ser agrupadas. Para a similaridade foi utilizado o valor 20, uma vez que o processo baseia-se na distância Euclidiana dos valores médios dos níveis de cinza de cada região e área de pixel de 20, assim regiões menores que 20 pixels (o que corresponde a área de 160.000 m<sup>2</sup>) foram absorvidas pelas regiões adjacentes mais similares entre elas.

Para definir as classes do mapa de uso e ocupação foram definidas as seguintes classes: 1- Uso urbano, 2- Vegetação nativa, 3- Áreas desmatadas, 4- Campos. Essas classes permitem representar as feições mais relevantes para a realização deste estudo, uma vez que, a partir delas podemos discriminar as ocupações antrópicas das áreas de vegetação nativa e ainda observar outras áreas que admitem certo grau de adequabilidade à expansão urbana como as áreas desmatadas e os campos. A classe 1, Uso urbano, também engloba alvos de resposta espectral característicos do solo exposto, uma vez que o esse tipo de ocupação geralmente está relacionado ao início do processo de ocupação urbana.

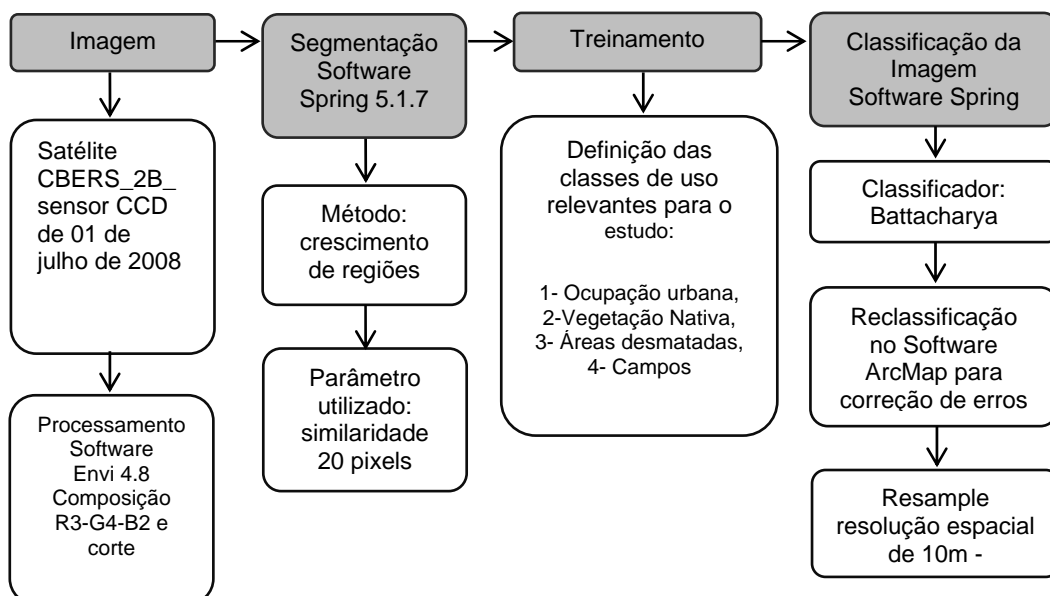
O classificador utilizado foi a medida de distância de Battacharya que, segundo BAYMA e SOARES NETO (2007), utiliza regiões para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, medindo a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

O resultado obtido (figura 2) foi verificado a partir da comparação do mapa gerado com imagens de satélite de alta resolução, disponibilizada pelo Google Earth. Constatamos que a resposta encontrada pelo classificador, para alguns alvos correspondentes às regiões de solo exposto, não correspondeu à classe 1. Assim, na fase de pós-processamento realizou-se a reclassificação desses alvos no *software* ArcMap. Após a reclassificação o mapa foi submetido ao *resample*, processo que transformou a resolução espacial de 20 para 10 metros.



**Figura 2 - Mapa de uso do solo.**

O tratamento dos dados orbitais foi realizado conforme o Fluxograma da Figura 3:



**Figura 3 - Fluxograma metodológico para tratamento dos dados orbitais.**

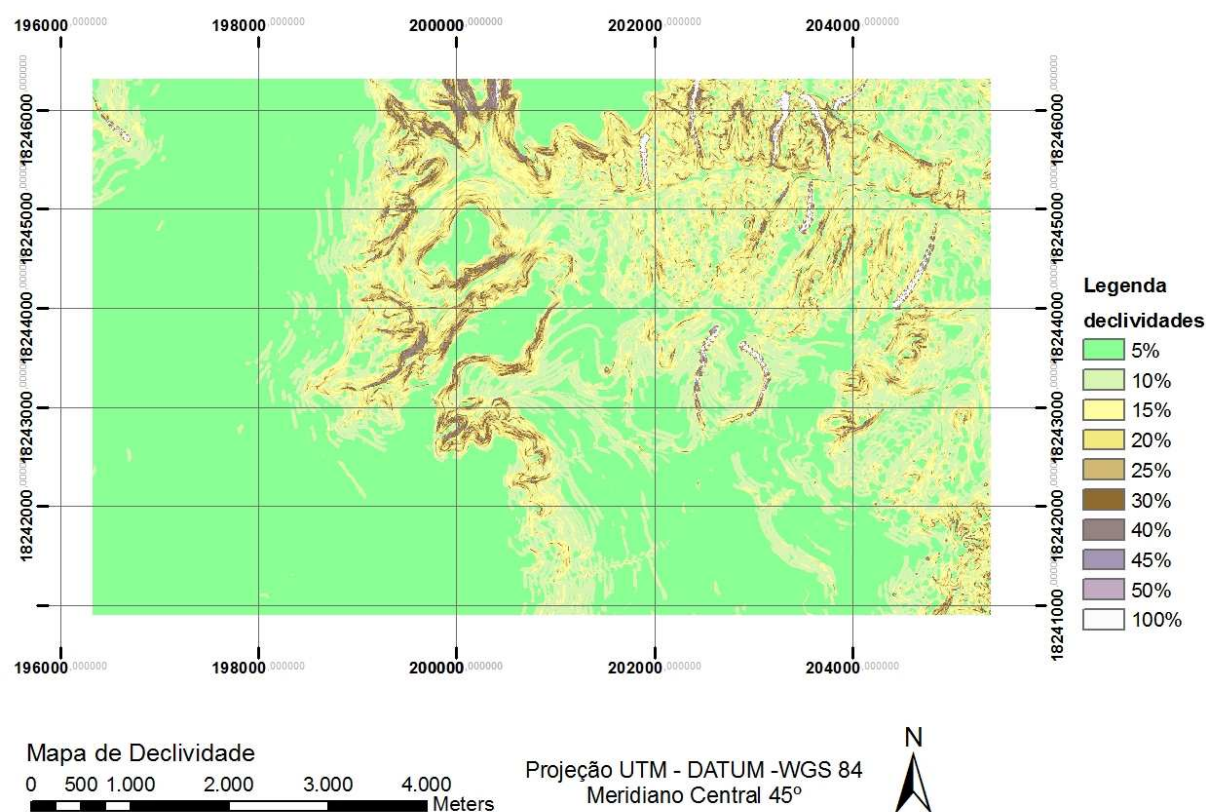
## 2.1.2 Processamento de Dados Espaciais

A partir das bases vetoriais foram gerados no *software* ArcMap os mapas temáticos utilizados no estudo. São eles: mapa da rede hidrográfica, mapa de nascentes, mapa de declividades, mapa de zoneamento segundo PDOT, mapa de infraestrutura viária e rede de abastecimento de água e mapa de localização de equipamentos urbanos.

Os dados vetoriais foram disponibilizados pela Terracap, possuem escala 1:10.000 e contêm informações referentes à hidrografia, curvas de nível, pontos cotados, zoneamento do PDOT-DF, infraestrutura viária, rede de abastecimento de água, localização de equipamentos de segurança, educação e saúde. Os insumos foram adquiridos no referencial geodésico do SICAD, parâmetro oficial e obrigatório para todo e qualquer trabalho de topografia, cartografia, demarcação, estudos de engenharia e de urbanismo no DF (Decreto Distrital n.º 4.008/1977). Entretanto por questões metodológicas que serão expostas mais adiante os arquivos bases foram reprojetados para o sistema UTM, zona 23 sul, Datum WGS84. Devidos às mesmas questões metodológicas, todos os mapas foram convertidos para o formato *raster* (geotiff) e possuem resolução espacial de 10 metros. A seguir estão descritos os procedimentos da realização de cada mapa temático.

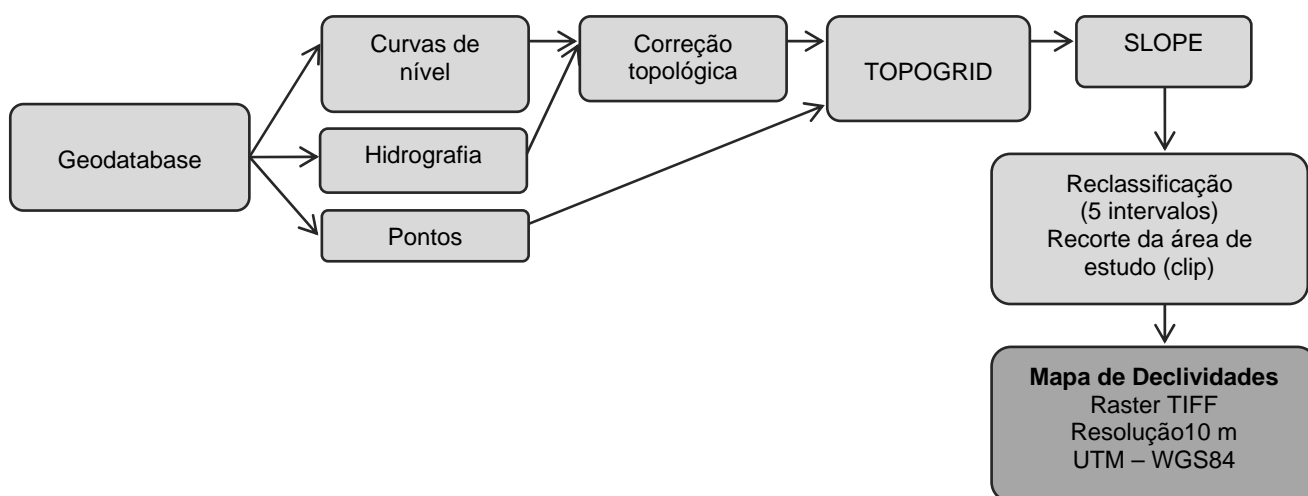
### 2.1.2.1 - Mapa de declividades

O primeiro passo foi a criação de um GEODATABASE (Arc Catalog) para armazenar os dados no formato SHP, *shapefile*. Assim, foi realizada a correção topológica dos dados vetoriais de hidrografia e curva de nível, com o intuito de eliminar eventuais erros que pudessem interferir no resultado final. A seguir, executou-se no *software* ArcMap a modelagem da grade retangular, TOPOGRID, utilizando as bases de hidrografia, curva de nível e pontos cotados. O TOPOGRID é um modelo digital de elevação que aproxima superfícies através de poliedros de faces retangulares. Por considerar informações acerca de divisores de água e das redes de drenagem, o resultado é considerado um modelo digital de elevação, MDE, hidrologicamente consistente.



**Figura 4 -Mapa de declividades.**

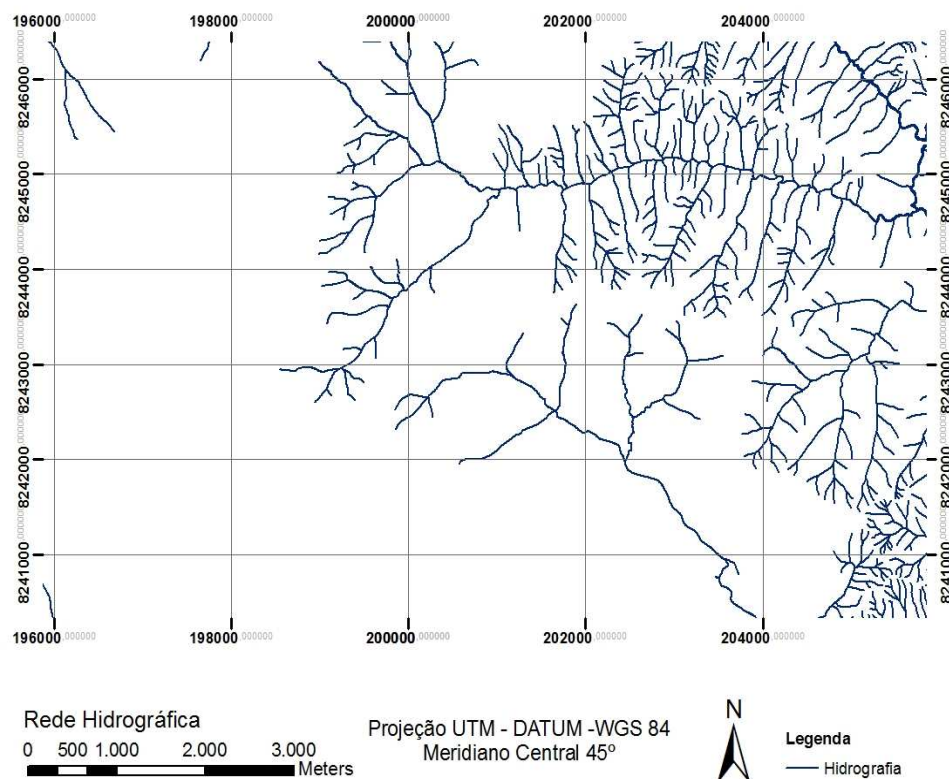
O próximo passo foi o cálculo do mapa de declividades (Figura 4) realizado com ferramenta *slope*. Após esse procedimento, o mapa de declividades foi reclassificado em cinco intervalos e finalmente procedeu-se ao recorte (*clip*) correspondente a área de estudo. O procedimento foi realizado de acordo com o fluxograma a seguir Figura 5.



**Figura 5 - Fluxograma metodológico da elaboração do mapa de declividades.**

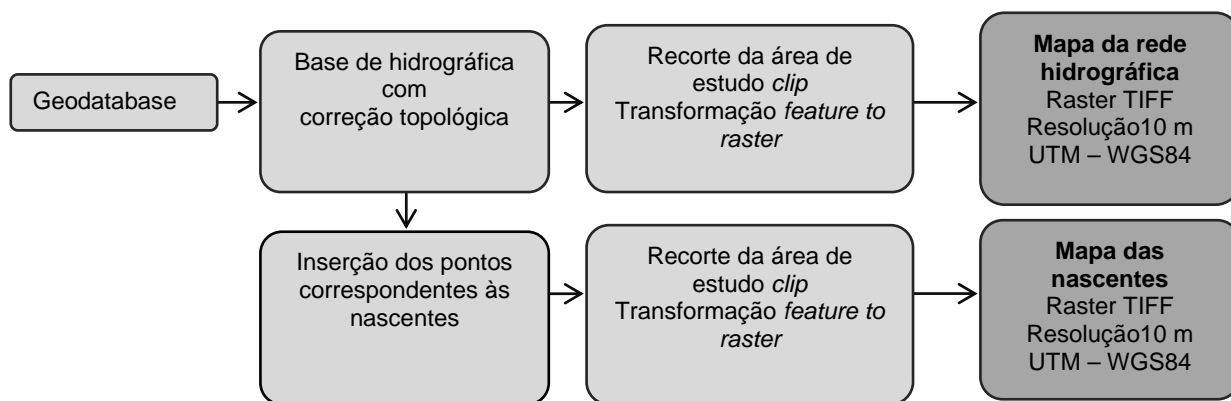
### 2.1.2.2 - Mapa da rede hidrográfica

O arquivo vetorial da rede hidrográfica passou pelos procedimentos de correção topológica para a geração do mapa de declividades. Assim, para a criação do mapa da rede hidrográfica foi necessário apenas executar o recorte correspondente à área de interesse e, a seguir, transformar os dados para um *raster* em formato *geotiff* e resolução espacial de 10 metros (figura 6).



**Figura 6 - Rede hidrográfica**

Para confecção do mapa de nascentes, também utilizamos o arquivo vetorial de hidrografia. Primeiramente foram inseridos pontos em todos os pontos iniciais dos córregos e rios representados no arquivo *hidrografia.shp*. Assim executou-se o recorte e a transformação dos dados seguindo os mesmos métodos utilizados na criação do mapa da rede hidrográfica. Os procedimentos descritos estão representados no fluxograma da figura 7.



**Figura 7 — Fluxograma metodológico para elaboração do mapa da rede hidrográfica e mapa das nascentes.**

### 2.1.2.3 - Mapa de zoneamento segundo o Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT

A partir da promulgação da Constituição em 1988, que institui nos Arts. 182 e 183 a política urbana nacional e posteriormente com a criação e consolidação do Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, os planos diretores adquiriram um papel central nas políticas públicas urbanas municipais e distrital.

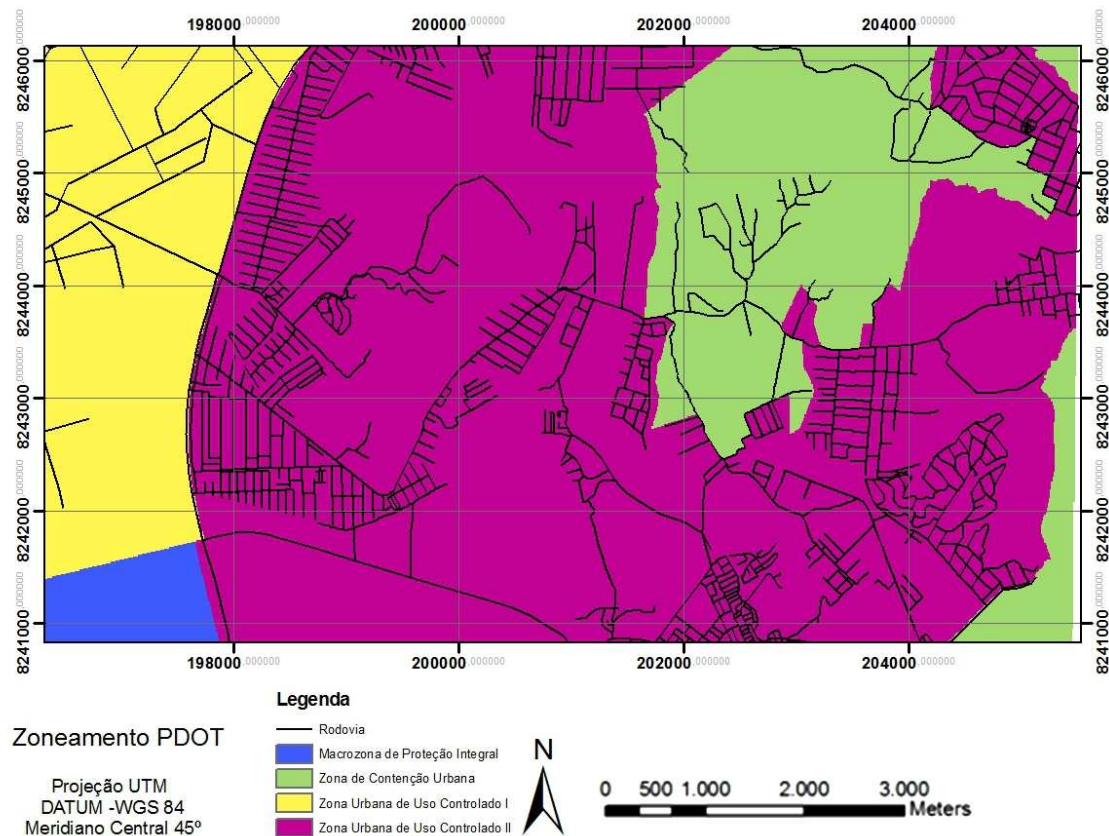
O Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal, PDOT, é o instrumento técnico e legal que ordena o território e cuida do desenvolvimento integrado do DF, incluindo áreas urbanas e rurais, conforme determina o Estatuto da Cidade.

Ele também pode ser definido como um conjunto de normas e parâmetros que devem ser obedecidos nos processos e construção e expansão das aglomerações urbanas.

As diretrizes que compõem o PDOT são espacializadas no território por meio do macrozoneamento e do zoneamento, que determinam e regulamentam os tipos de uso de solo permitidos, indicando as áreas de crescimento urbano e as áreas a serem preservadas.

Assim, a partir da base vetorial do zoneamento do PDOT, foi gerado o mapa de zoneamento (figura 8), com o auxílio do *software* ArcMap, abrangendo a área de estudo. O produto final também possui formato geotiff e resolução espacial de 10 metros.



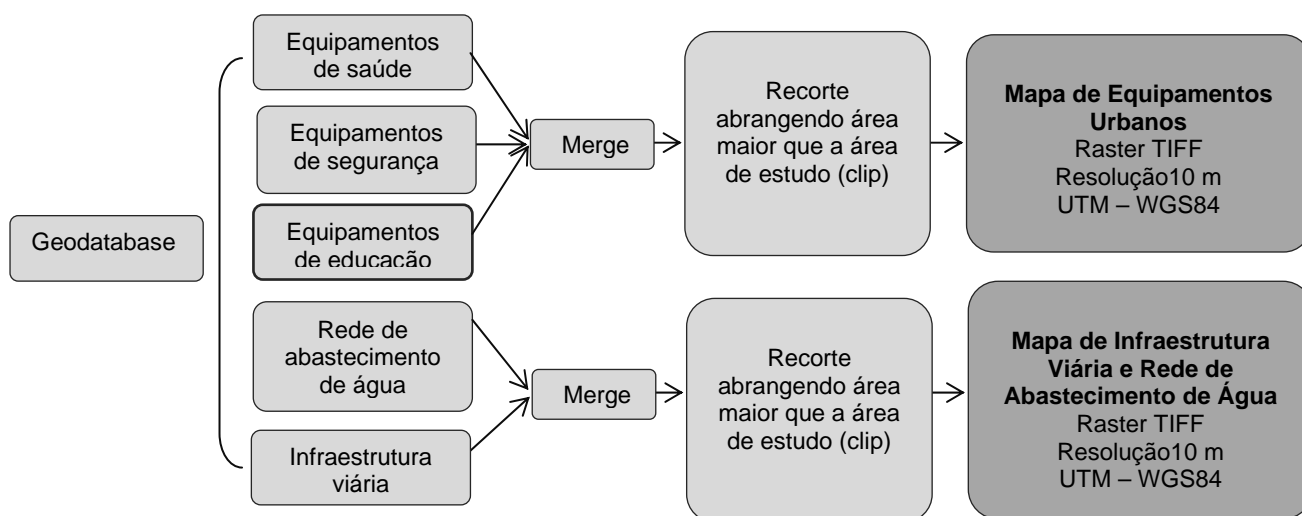


**Figura 8 -Zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial para a área de estudo.**

#### **2.1.2.4 - Mapa da rede infraestrutura viária e da rede de abastecimento de água, Mapa de localização dos equipamentos urbanos**

Os dados vetoriais contendo dados referentes à infraestrutura viária e a rede de abastecimento de água, foram agrupados em um único mapa através das ferramentas *merge* e *feature to raster*. O recorte dos mapas abrangeu uma área maior que a área de estudo, uma vez que, esses insumos foram utilizados para modelagem que consideram parâmetros de distância e, dessa forma, ao executarmos o modelo evitamos o surgimento de erros de omissão nas células localizadas mais próximas às bordas do mapa.

O processo de elaboração do mapa de equipamentos urbanos observou a mesma metodologia empregada na confecção do mapa da rede infraestrutura viária e da rede de abastecimento de água. Os insumos básicos utilizados foram dados vetoriais contendo os pontos de localização dos equipamentos de segurança, saúde e educação. Os procedimentos para a elaboração dos mapas estão representados no fluxograma da Figura 9.



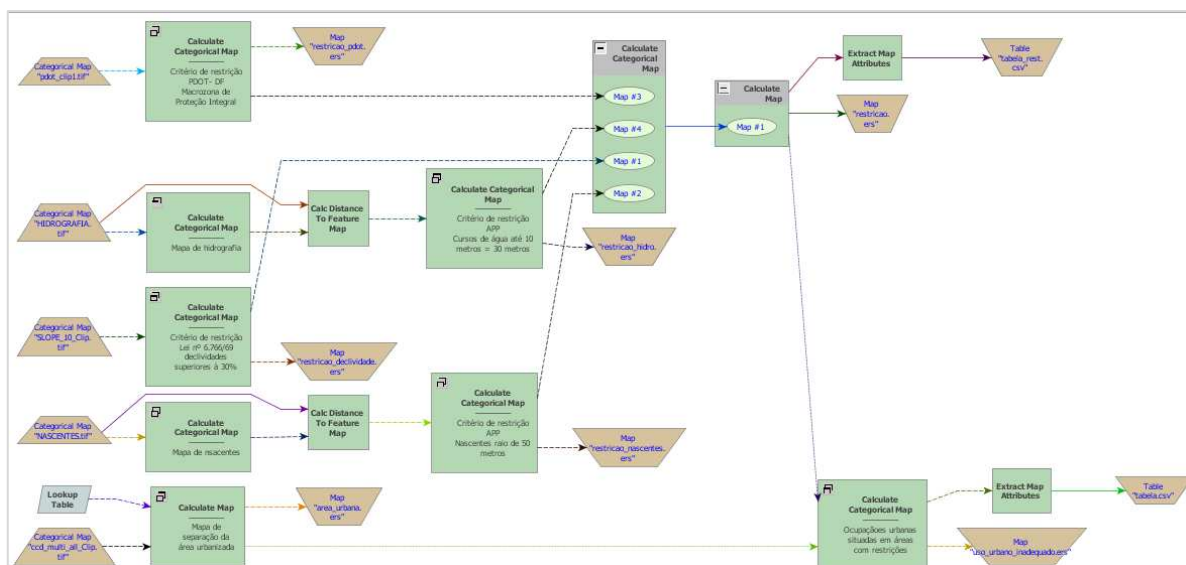
**Figura 9 -Fluxograma metodológico para elaboração do mapa de equipamentos urbanos e do mapa de infraestrutura viária e rede de abastecimento de água.**

## 2.2. Etapa de elaboração do modelo

### 2.2.1. Software Dinamica EGO

O aplicativo Dinamica EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*), concebido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (CSR-UFMG), permite que seus usuários elaborem desde modelos estáticos simples até modelos dinâmicos complexos. O software está disponível como *freeware* em [www.csr.ufmg.br/dinamica/EGO](http://www.csr.ufmg.br/dinamica/EGO). Na realização desse estudo foram elaborados modelos estáticos baseados em técnicas de álgebra de mapas e avaliação multicriterial.

De acordo com SOARES-FILHO et.al.(2009) um modelo no Dinamica EGO é representado por uma sequência de funtores, operadores de linguagem C++ e JAVA. Um modelo simples consiste em um operador que carrega o dado, por exemplo, um mapa temático, outro operador que executa o cálculo utilizando expressões lógicas e aritméticas, e um terceiro que escreve o resultado em um arquivo, que pode ser uma mapa ou uma tabela. No aplicativo os funtores são conectados de forma gráfica, o modelo é organizado como diagrama e a execução dos comandos acontece de acordo com o fluxo de dados e operadores (figura 10).



**Figura 10 - Fluxo de dados elaborado no ambiente Dinamica EGO na confecção do Modelo 1 = "Determinação de áreas urbanas localizadas em locais inadequados".**

Para realização dos trabalhos foram observadas algumas especificidades do Dinamica EGO. Primeiramente o software suporta apenas conjunto de dados *raster*, assim foi necessária a preparação e transformação prévia dos insumos vetoriais, o que foi realizado como descrito na 1ª etapa deste trabalho. Para o funcionamento dos modelos todos os arquivos de dados utilizados devem possuir a mesma resolução espacial, o mesmo número de linhas e colunas, além de estarem registrados no mesmo ponto no espaço geográfico.

Quanto ao sistema de coordenadas, o Dinamica EGO suporta apenas os referenciais geodésicos (WGS84, SAD69 e Córrego Alegre) e UTM (WGS84, SAD69 e Córrego Alegre). Assim os mapas gerados a partir da base vetorial com referencial geodésico do SICAD foram reprojeto para o sistema UTM, zona 23 sul, Datum WGS84.

## 2.2.2. Modelo 1 - Determinação de áreas urbanas localizadas em locais inadequados

### 2.2.2.1 Parâmetros utilizados

Para a elaboração do mapa acerca da ocorrência de ocupações urbanas em áreas inadequadas, listamos os critérios restritivos ao uso do solo urbano. Os parâmetros utilizados nesta metodologia foram baseados em três instrumentos legais. São eles: o Plano Diretor do Distrito Federal, PDOT, o Código Florestal Brasileiro – Lei Federal nº 4.771/65 e a Lei Federal nº 6.766/79 que trata do Parcelamento do Solo Urbano.

Após análise da legislação incidente constatamos que os critérios legais restritivos à ocupação urbana aplicáveis à área de estudo são:

- 1- Declividades superiores à 30% de acordo com a Lei Nº 6.766/79.
- 2- Presença de APP de Hidrografia para cursos d'água de até 10 metros de largura, APP de nascentes de acordo com o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771/65.
- 3- Restrições do PDOT: Macrozona de Proteção Integral.

#### **2.2.2.2. APP de Hidrografia de acordo com o Código Florestal Brasileiro**

De acordo com a Resolução CONAMA nº302 de 20/03/2002 que regulamenta o Código Florestal Brasileiro as áreas de preservação permanente tem como principal função *"preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas"*. Assim os processos de urbanização não são permitidos em áreas de preservação permanente (APP).

A Lei nº 4.771/65 que institui o código Florestal Brasileiro define em seus artigos 2º e 3º as áreas de preservação permanente, APP's, conforme transcrito a seguir:

"Art. 1º

(...)

*II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;*

(...)

*Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:*

*a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:*

*I - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;*

*(...)*

*c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;*

*d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;*

*e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;"*

A partir do mapa da rede hidrográfica, e do mapa de nascentes foi realizado, no ambiente Dinamica EGO, o mapeamento das faixas de domínio de cursos d'água, de acordo com parâmetros do Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771/65, o que resultou no buffer de 30 metros ao longo dos cursos d'água, e buffer de 50 metros para as nascentes. As APP's de topo de morro e de bordas de tabuleiros de chapadas não foram mapeadas, uma vez que este tipo de acidente natural não está presente na área de estudo.

#### **2.2.2.3 Declividades superiores à 30% de acordo com a Lei nº 6.766/79**

Segundo o Parágrafo único, inciso III do Art.3º da Lei Federal nº 6.766/79 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, "não é permitido o parcelamento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes".

Por sua vez, o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771/65, determina que áreas com declividades superiores a 45% são consideradas áreas de preservação permanente e, conseqüentemente, não são passíveis de ocupações urbanas.

Entretanto, na execução do modelo, utilizamos os critérios presentes na Lei nº 6.766/79 uma vez que esta apresenta parâmetros de declividade mais restritivos que os presentes no Código Florestal.

Assim no ambiente Dinamica EGO o mapa de declividade foi submetido a um operador aritmético que destacou as áreas que continham declividades maiores que 30%, onde não é permitido o uso do solo urbano.

#### **2.2.2.4 Restrições do PDOT: a Macrozona de Proteção Integral**

O Plano Diretor de Ordenamento Territorial, PDOT, Lei Complementar nº 803 de 2009 dispõe sobre o zoneamento em seu Art. 59 transcrito a seguir:

*“Art.59. O Macrozoneamento divide o território do Distrito Federal, de acordo com as vocações intrínsecas às áreas e aos objetivos deste Plano Diretor, em:*

*I – Macrozona Urbana, destinada predominantemente às atividades dos setores secundário e terciário, não excluía a presença de atividades do setor primário;*

*II – Macrozona Rural, destinada predominantemente às atividades do setor primário, não excluía a presença de atividades dos setores secundário e terciário;*

*III – Macrozona de Proteção Integral, destinada à preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais.*

*(...)*

*Art. 60. A Macrozona Urbana se divide nas seguintes zonas:*

*I – Zona Urbana do Conjunto Tombado;*

*II – Zona Urbana de Uso Controlado I;*

*III – Zona Urbana de Uso Controlado II;*

*IV – Zona Urbana Consolidada;*

*V – Zona Urbana de Expansão e Qualificação;*

*VI – Zona de Contenção Urbana.”*

Ao analisar o mapa temático de zoneamento do PDOT podemos observar que a área de estudo possui regiões abrangidas pela Macrozona de Proteção Integral e pela Macrozona Urbana sendo que nesta última localizamos a Zona urbana de uso controlado I, Zona urbana de uso controlado II e Zona de contenção Urbana.

Como a Macrozona de Proteção Integral, destina-se à preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, nas áreas abrangidas por este zoneamento é proibido o uso urbano do solo.

#### **2.2.2.5 Modelagem no ambiente Dinamica EGO**

Os mapas temáticos gerados na 1ª fase do estudo foram inseridos no ambiente DINAMICA EGO. A metodologia consistiu no mapeamento das áreas abrangidas pelos critérios restritivos através da criação de um modelo estático baseados em técnicas de álgebra de mapas. Assim, atribuímos a cada uma das células do mapa, valores booleanos (falso, verdadeiro) como auxílio dos operados (*functors*) do *software*.

Nessa etapa definimos como a resposta o valor 1 (VERDADEIRO) para as células pertencentes aos critérios restritivos e para demais células, sem restrição à ocupação urbana, foi arbitrado o valor 50 (FALSO). O operador utilizado no final do processamento (*calculate categorical map*) não processa células nulas (valor 0), assim arbitrou-se o valor 50, escolhido aleatoriamente, uma vez que pretendemos realizar a soma das células com valores verdadeiros, e não somente a interseção das células verdadeiras. O diagrama da Figura 11 representa o procedimento de execução do modelo do Mapa de Ocupações Urbanas em Áreas Inadequadas.

Para o processamento da mancha de áreas com declividades superiores à 30° (Figura 12) utilizamos a seguinte equação: “*if i1 > 30 then 1 else 50*” (onde *i1*= mapa de declividades). Essa equação executa o comando “se o mapa de declividades contiver valores maiores que 30 atribuir o valor 1 (VERDADEIRO) para a célula, atribuir o valor 50 (FALSO) para as células com valores menores que 30. O mesmo procedimento foi utilizado na confecção da mancha de restrição segundo o PDOT (Figura 13). Nesse caso foi atribuído o valor 1 para as células correspondentes a classe 4, Macrozona de Proteção Integral.

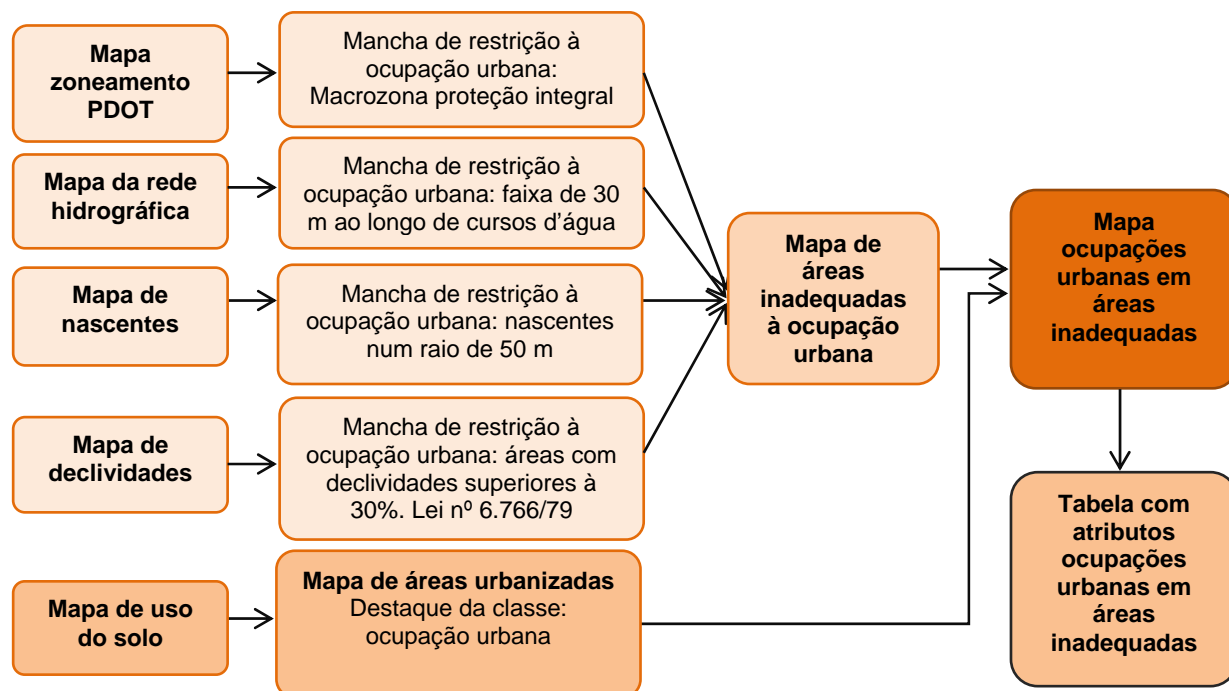


Figura 11 — Fluxograma metodológico para elaboração do modelo 1.

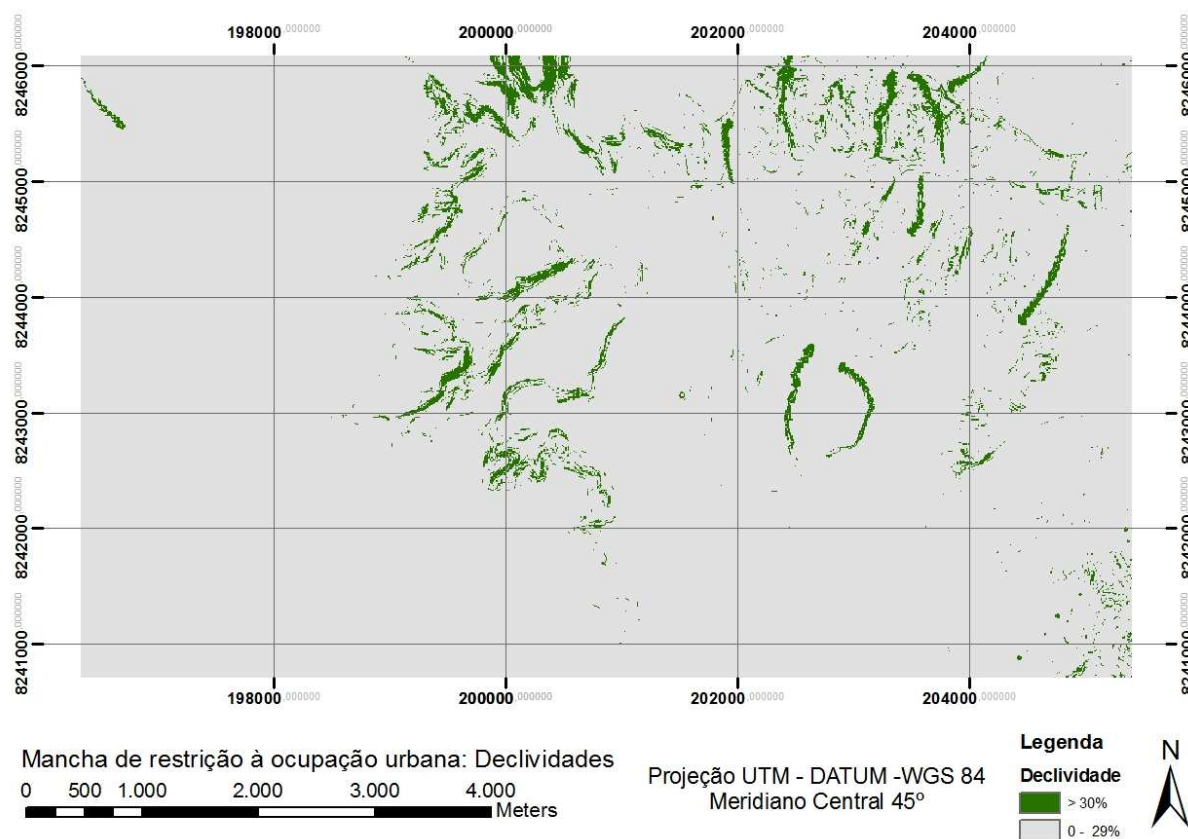
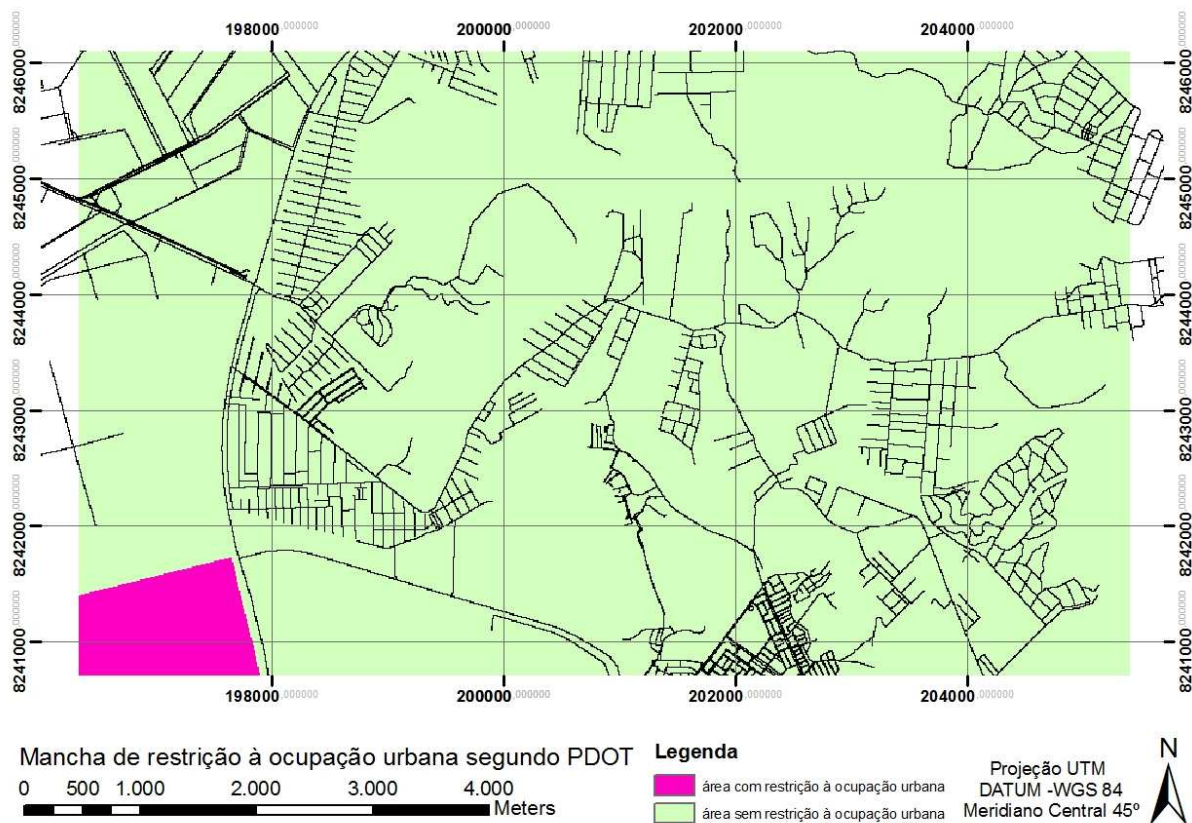


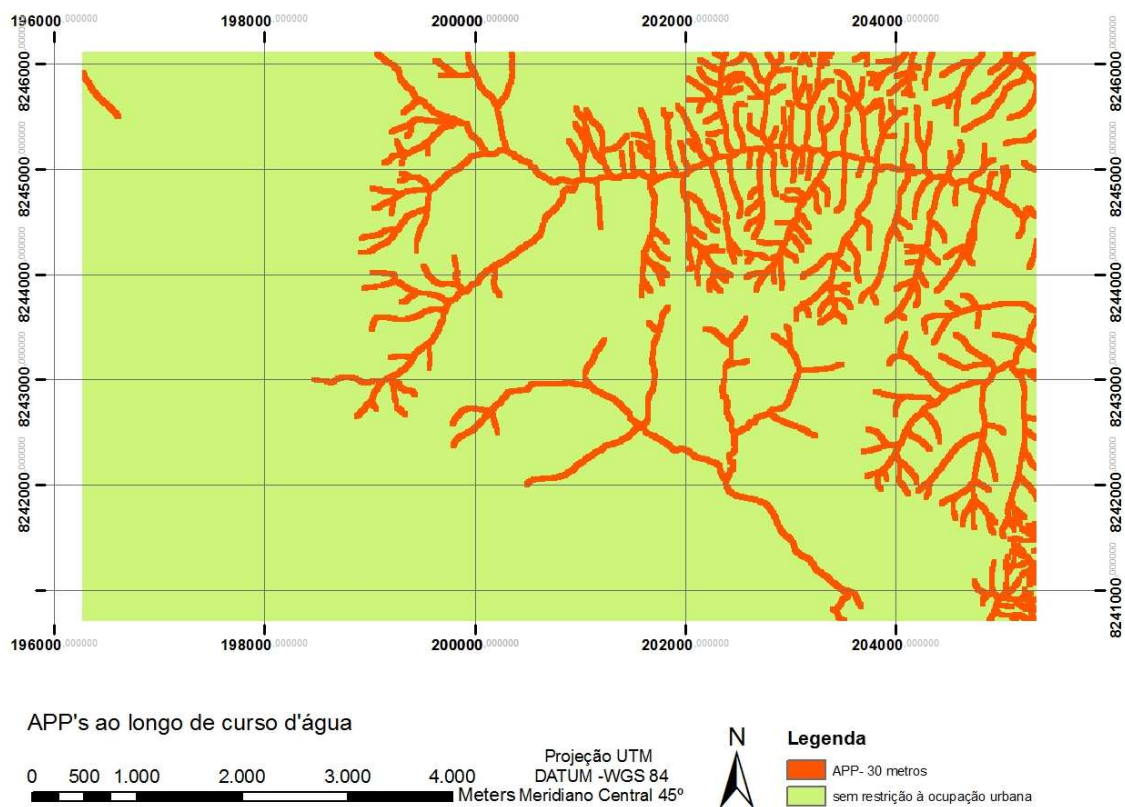
Figura 12 -Manchas de áreas com declividades superiores à 30%.



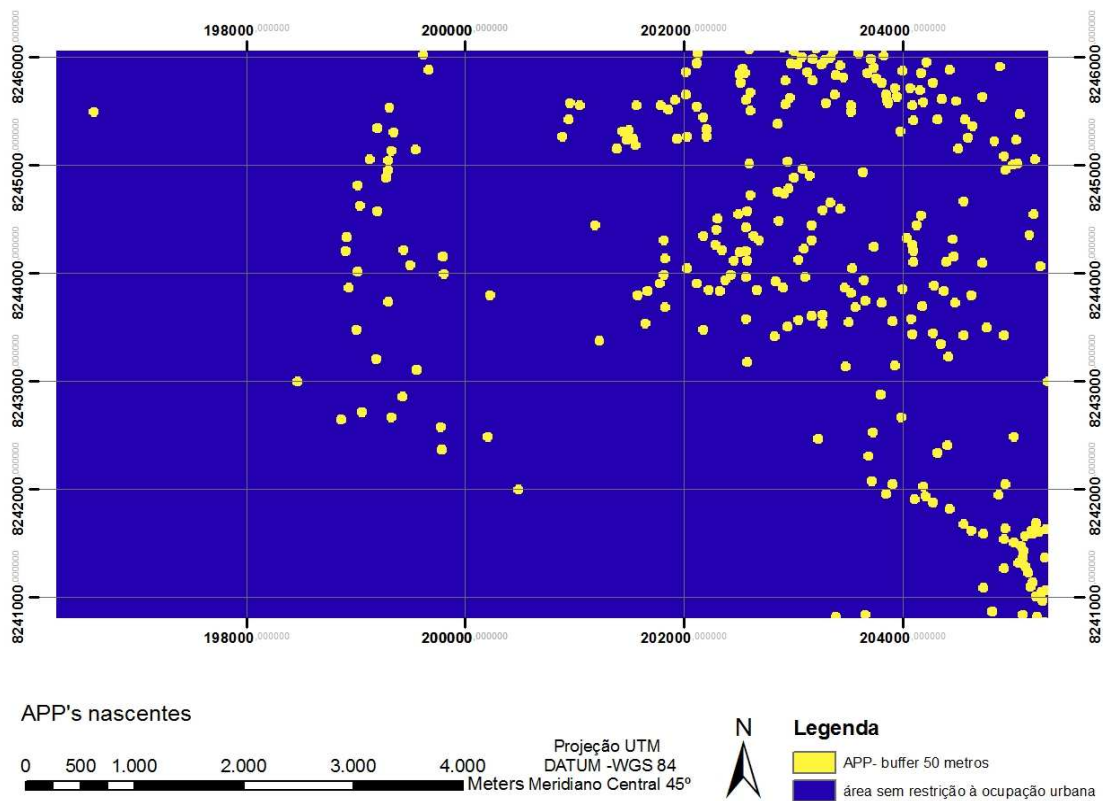


**Figura 13 -Mancha de restrição à ocupação urbana segundo o PDOT-DF, Macrozona de proteção integral.**

Na confecção das manchas de APP da rede hidrográfica e de nascentes foram utilizados operadores de cálculo de distância (*functor Calc Distance to Feature Map*). Estes operadores solucionam a equação ao reconhecer o tamanho das células (10 metros). Na delimitação do *buffer* de 30 metros correspondente à APP de cursos d'água (Figura 14) foi utilizada a equação “if i1 < 30 then 1 else 50”. Para a determinação do *buffer* de 50 metros correspondente às nascentes (Figura 15) foi empregada a equação “if i1 < 50 then 1 else 50”.

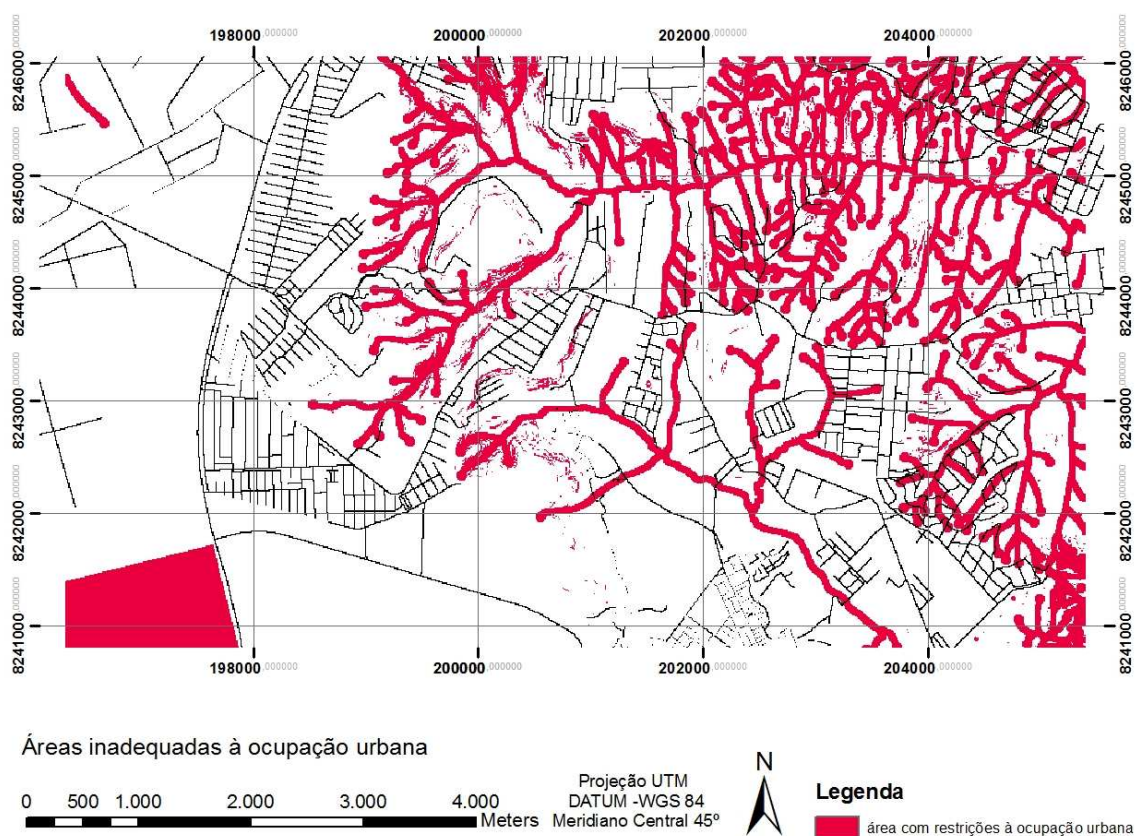


**Figura 14 -Manchas de restrição à ocupação urbana, APP da rede hidrográfica, buffer de 30m.**



**Figura 15 -Manchas de restrição à ocupação urbana, APP de nascentes, buffer de 50 m.**

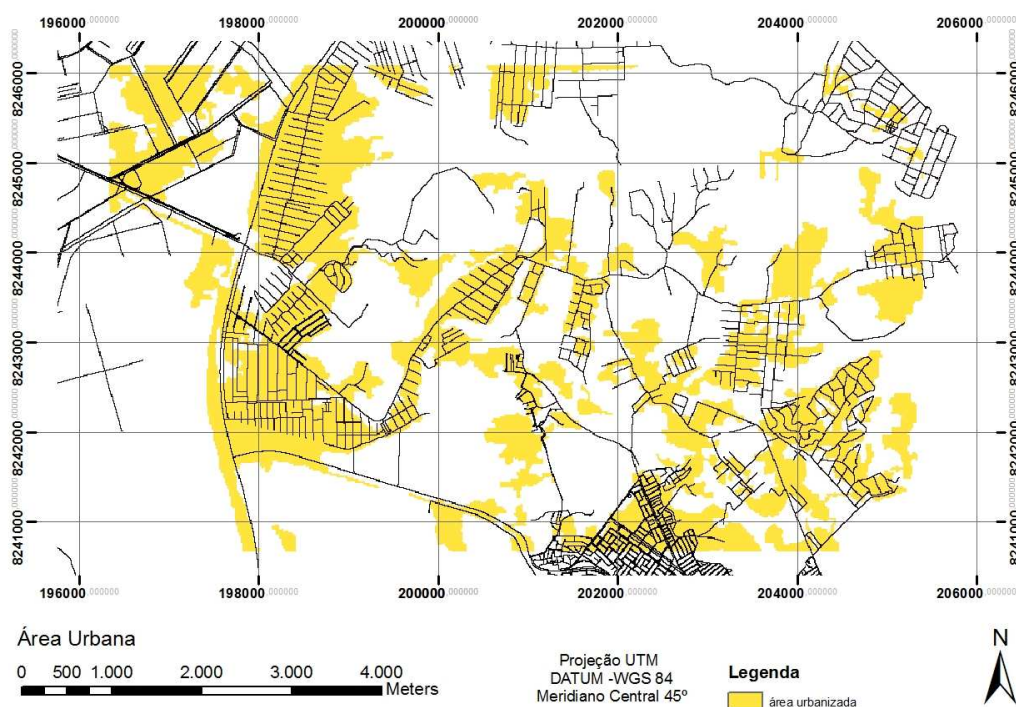
O procedimento seguinte foi a reunião das respostas obtidas nesses cálculos em um único arquivo o que resultou no Mapa de Áreas Inadequadas à Ocupação Urbana (Figura 16). A equação inserida no operador “*calculate categorical map*” obedeceu ao seguinte raciocínio. Realizou-se a soma de quatro mapas. Para as células verdadeiras temos o valor 1 e para células falsas o valor 50. Para soma de quatro células falsas computamos o resultado FALSO. Para a soma de apenas uma célula verdadeira e outras tantas falsas sempre alcançaremos o resultado VERDADEIRO. Assim podemos afirmar que após realizada a soma dos mapas, que as células de valor 200 (  $50 + 50 + 50 + 50 = \text{falso} + \text{falso} + \text{falso} + \text{falso}$ ) correspondem a resposta FALSO e todas as demais células correspondem ao resultado VERDADEIRO. Assim a equação utilizada para a realização da soma dos mapas foi “*if i1 = 200 then null else 1*”.



**Figura 16 -Mapa de Áreas Inadequadas à Ocupação Urbana.**

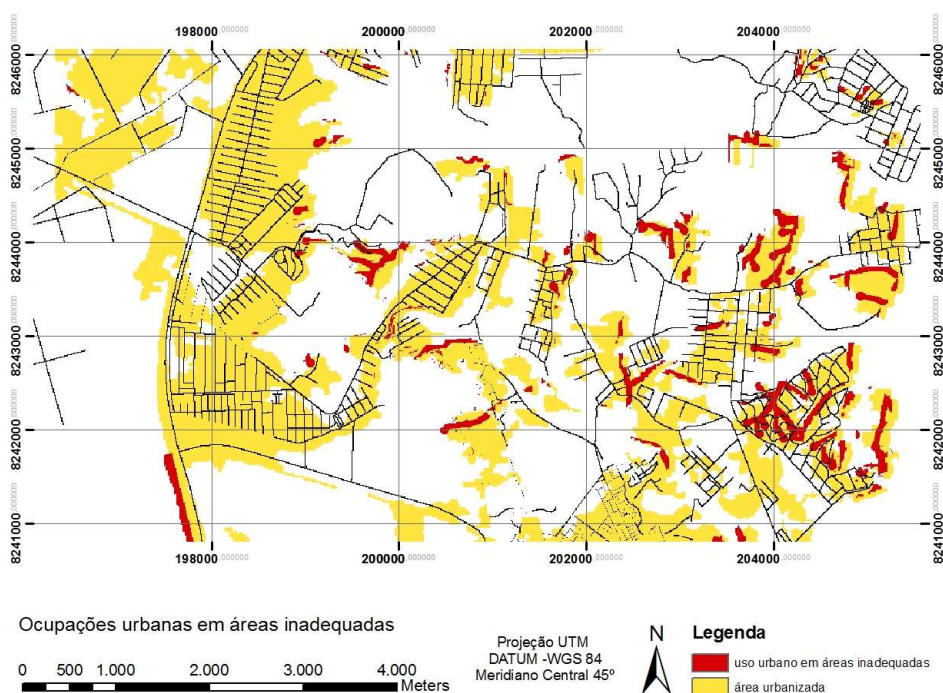
A mancha de áreas urbanizadas (Figura 17) foi obtida através do mapa de uso do solo (Figura 2), elaborado na 1ª etapa deste trabalho a partir da classificação da imagem do satélite CBERS-CCD. No processo de criação do mapa destacou-se a classe “ocupação urbana”. Para realizar esse cálculo atribui-se o valor 1 para as células correspondentes aos uso urbano através da expressão “*if i1= 2 then 1 else null*” (onde 2 = classe uso urbano).





**Figura 17 -Mapa da Áreas Urbanizadas.**

A última etapa do trabalho foi a interseção do Mapa de Áreas Inadequadas à Ocupação Urbana e d o Mapa de Áreas Urbanizadas. A equação utilizada foi  $i1 * i2$  (onde  $i1$  = mapa áreas inadequadas à ocupação urbana e  $i2$  = mapa de áreas urbanizadas). Assim obtivemos o “Mapa de ocupações urbanas em áreas inadequadas” (Figura 18).



**Figura 18 - Mapa de ocupações urbanas em áreas inadequadas.**

### 2.2.3 Modelo 2- Determinação de áreas favoráveis à ocupação urbana

O modelo para determinação de áreas favoráveis à ocupação urbana é alimentado por dois submodelos como ilustra o fluxograma a seguir (Figura 19).

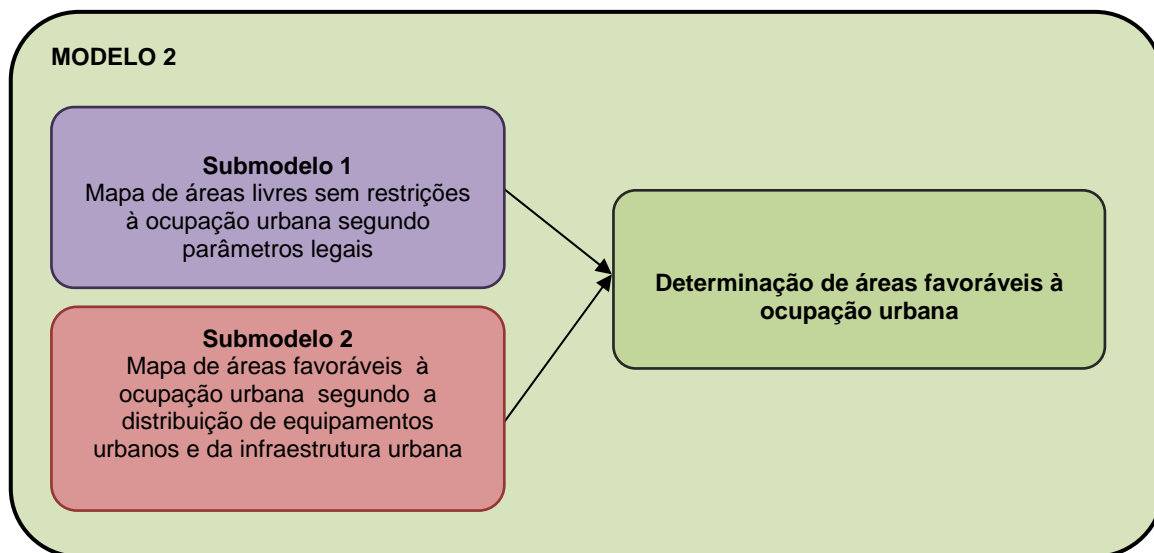


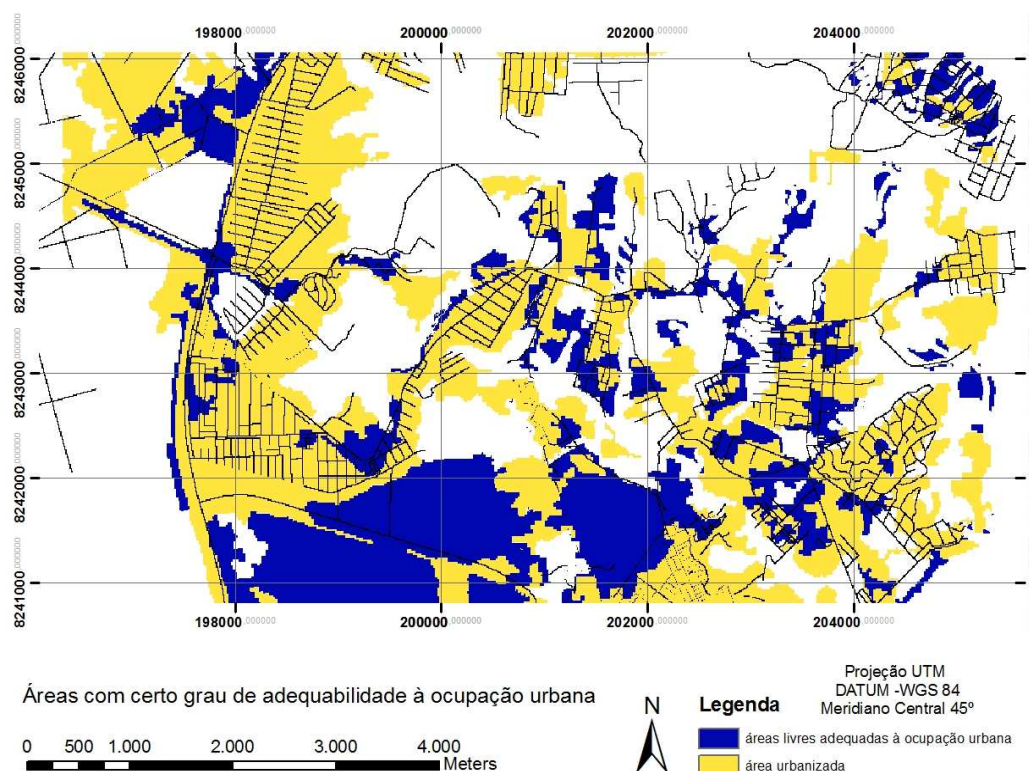
Figura 19 -Fluxograma metodológico para elaboração do modelo 2.

#### 2.2.3.1 Submodelo 1 - Determinação da mancha de áreas sem restrições legais à ocupação urbana.

O primeiro submodelo determina a mancha de áreas livres que não apresentam restrições legais ao uso urbano do solo. A elaboração do modelo aconteceu no ambiente Dinamica EGO. Os critérios legais utilizados foram os mesmos empregados no Modelo 1 (Determinação de Áreas Urbanas Localizadas em Locais Inadequados), ou seja, o Plano Diretor do Distrito Federal, PDOT, o Código Florestal Brasileiro – Lei Federal nº 4.771/65 e a Lei Federal nº 6.766/79 que trata do Parcelamento do Solo Urbano.

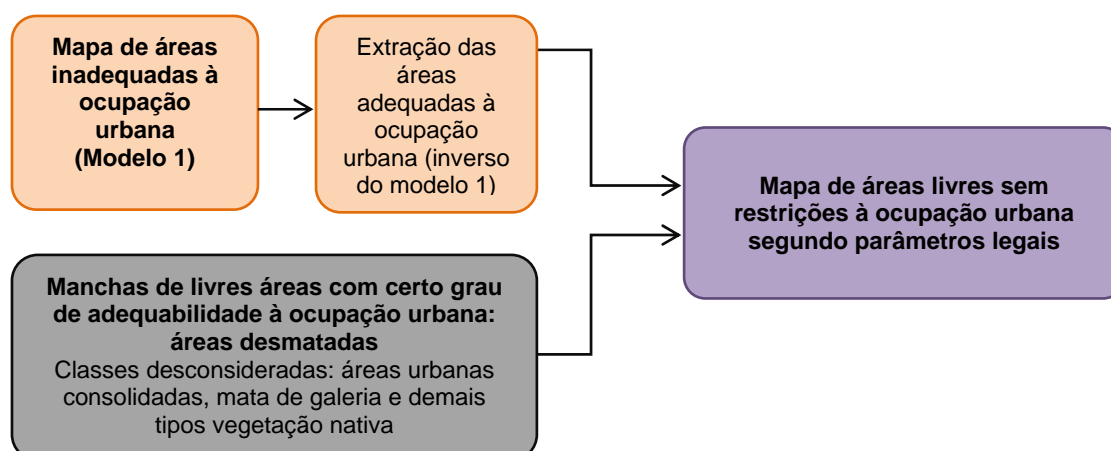
Consideramos ainda que nem todas as áreas que não sofrem restrições legais estão disponíveis para a expansão urbana. Algumas áreas já estão ocupadas. Também não é objetivo deste estudo incentivar a supressão de vegetação nativa e outros tipos de ecossistemas. Assim, na elaboração da mancha de áreas com certo grau de adequabilidade à ocupação urbana, foram extraídas do mapa de uso do solo, as áreas urbanas já consolidadas, as áreas de mata de galeria e outros tipos de vegetação nativa.

A expressão utilizada na obtenção das manchas com certo grau de adequabilidade à ocupação urbana (Figura 20) foi “if i1 = 1 then null; else; if i1 = 2 then null; else; if i1 = 4 then null; else 1”, onde 1 = uso urbano, 2 = vegetação nativa, 4 = campos.



**Figura 20 - Áreas livres com certo grau de adequabilidade à ocupação urbana.**

O procedimento final para a obtenção do Mapa de áreas livres sem restrições à ocupação urbana segundo parâmetros legais foi a interseção dos mapas como demonstra o fluxo de dados da Figura 21.



**Figura 21 - Fluxograma metodológico para elaboração do submodelo 1- modelo 2**

### **2.2.3.2.Submodelo 2 - Determinação da mancha de áreas favoráveis à ocupação segundo distribuição de equipamentos urbanos regionais e de infraestrutura urbana.**

Avaliação multicriterial é um método, amplamente aplicado em avaliações de impactos ambientais e de planejamento urbano e regional (SOARES-FILHO 2009). O método de avaliação ou análise multicritérios consiste no cruzamento de variáveis relevantes para a obtenção de um resultado. Muitas vezes os critérios envolvidos podem ser considerados conflitantes, por exemplo, nem sempre a melhor localização do ponto de vista econômico é a melhor localização para a população ou para o meio ambiente.

Um dos objetivos desse estudo de caso é encontrar áreas livres sem restrições legais e ambientais localizadas nas proximidades de assentamento urbanos situados em áreas inadequadas.

Com primeira parte da metodologia proposta cumprida (elaboração do Modelo1), passamos para o estabelecimento dos critérios que serão considerados na definição de áreas mais favoráveis á ocupação urbana.

Os critérios apreciados na elaboração do mapa de áreas livres favoráveis à ocupação estão fundamentados nas diretrizes de urbanização do PDOT (Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal, Lei Complementar nº803 de 2009) transcritas a seguir:

*“Art. 37. São diretrizes da urbanização, do uso e da ocupação do solo:*

*I – o estabelecimento de áreas urbanizadas mais compactas no território;*

*II – a urbanização estruturada ao longo das principais infraestruturas de conexão, com o aumento das densidades demográficas ao longo da rede viária estrutural;*

*III – a expansão do solo urbano em continuidade com os núcleos urbanos existentes e na transição com as áreas rurais que sofrem pressão urbana, observada a capacidade de suporte socioeconômica e ambiental do território;”*

Ainda segundo o PDOT são consideradas áreas prioritárias à ocupação aquelas situadas próximas aos equipamentos de infraestrutura como podemos observar nos Arts. 52 e 53 transcritos a seguir:

*“Art. 52. Consideram-se equipamentos regionais os estabelecimentos em que são prestados os serviços das áreas temáticas de educação, segurança pública, saúde, transporte, abastecimento e cultura.*

*(...)*

*Art. 53. São diretrizes setoriais para o provimento de equipamentos regionais no território do Distrito Federal:*

*I – garantir a distribuição equânime dos equipamentos no Distrito Federal, observadas as densidades demográficas e as condicionantes socioeconômicas da região em que se inserem;*

*II – prever prioritariamente equipamentos regionais nas áreas em processo de consolidação urbana;*

*III – otimizar a utilização dos equipamentos regionais, promovendo-se melhor dinâmica urbana e otimização da infraestrutura urbana instalada;”*

Assim os parâmetros utilizados na determinação de áreas mais favoráveis à ocupação urbana foram:

1- Privilegiar a ocupação de áreas contíguas às áreas urbanas já consolidadas, para estimular o estabelecimento de áreas urbanizadas mais compactas no território.

2- Ocupar áreas situadas mais próximas aos equipamentos urbanos existentes, com o intuito de otimizar a utilização desses equipamentos e da infraestrutura urbana instalada;”

Dessa forma, na elaboração da Mapa de áreas favoráveis à ocupação urbana, inseriu-se no Dinamica EGO, o mapa temáticos da rede infraestrutura viária e abastecimento de água, e o mapa de localização dos equipamentos urbanos.



Para cada parâmetro definiu-se um peso, de acordo com a relevância e o poder de influência do critério no resultado final da análise (MOURA 2010). A mensuração dos pesos nesse estudo de caso se deu através das diferentes distâncias máximas abrangidas por cada tipo de infraestrutura e de equipamento urbano regional. Aos equipamentos de maior peso foi atribuída uma área e abrangência menor que para os equipamentos de menor peso.

Na determinação dos valores utilizou-se algumas recomendações (não oficiais) empregadas no âmbito do governo federal para na seleção de projetos e obras com recursos da União. As manchas das áreas de influência dos equipamentos e da infraestrutura urbana foram elaboradas com o auxílio de operadores de cálculo de distância no ambiente Dinamica EGO para a de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 -Pesos e critérios utilizados na obtenção da mancha de áreas favoráveis à ocupação segundo distribuição de equipamentos urbanos regionais e de infraestrutura urbana.**

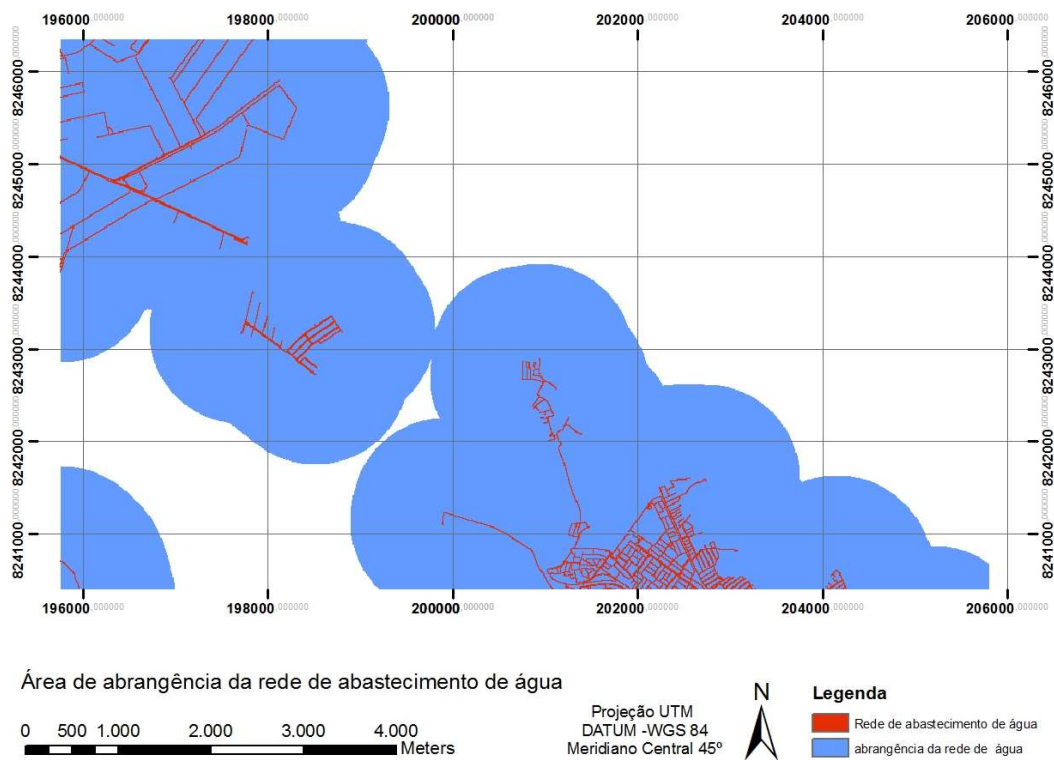
Insumos/ Critérios	Buffer	Equação utilizada no Dinamica EGO
Rede de infraestrutura viária	2 km	if i1 < 1000 then 1 else null
Rede de abastecimento de água	1 km	if i1 < 2000 then 1 else null
Equipamentos de saúde	5 km	if i1 < 5000 then 1 else null
Equipamentos de educação	1 km	if i1 < 1000 then 1 else null
Equipamentos de segurança	5 km	if i1 < 5000 then 1 else null

Para incentivar o estabelecimento de áreas mais compactas no território estabeleceu-se como áreas de abrangência para instalações de novas ocupações a distância de apenas 2 km das principais avenidas e de 1 km para a rede de abastecimento de água.

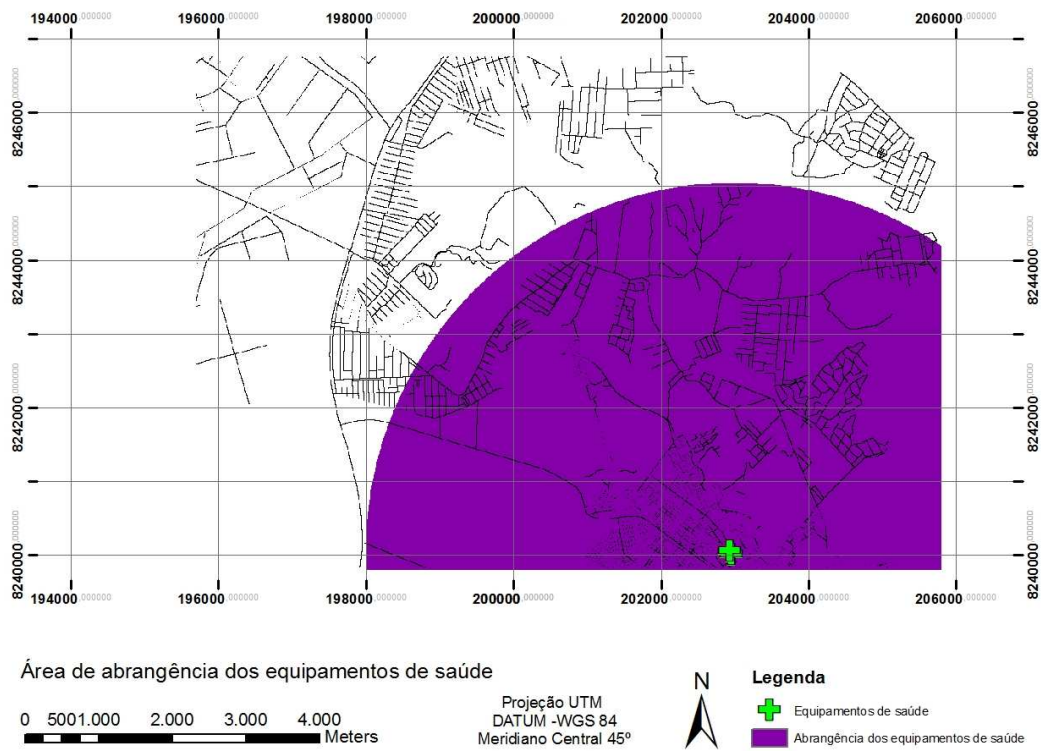
A distância de 1km estabelecida para os equipamento de educação está baseada na capacidade de locomoção a pé de crianças e adolescentes. Os equipamentos de saúde e segurança são os que possuem maior área de abrangência, uma vez que a procura pelos mesmos se dá apenas e ocasiões específicas. Os resultados obtidos podem ser conferidos nas Figuras 22 à 26.



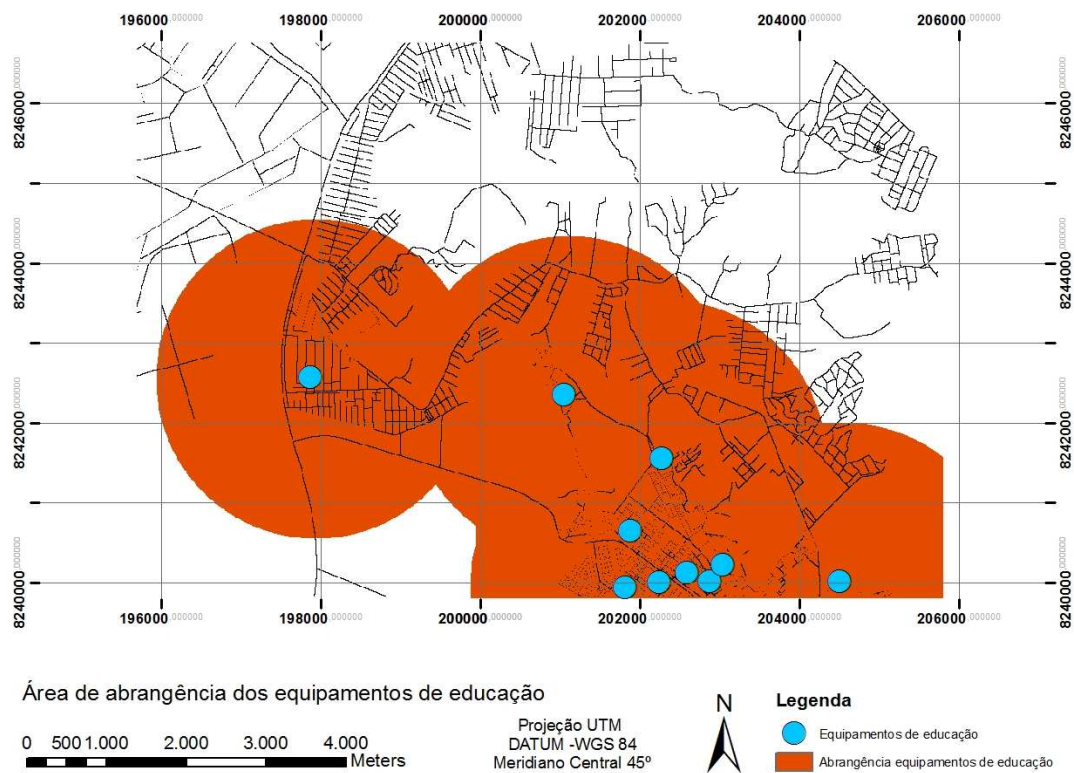
**Figura 22 - Buffer infraestrutura viária.**



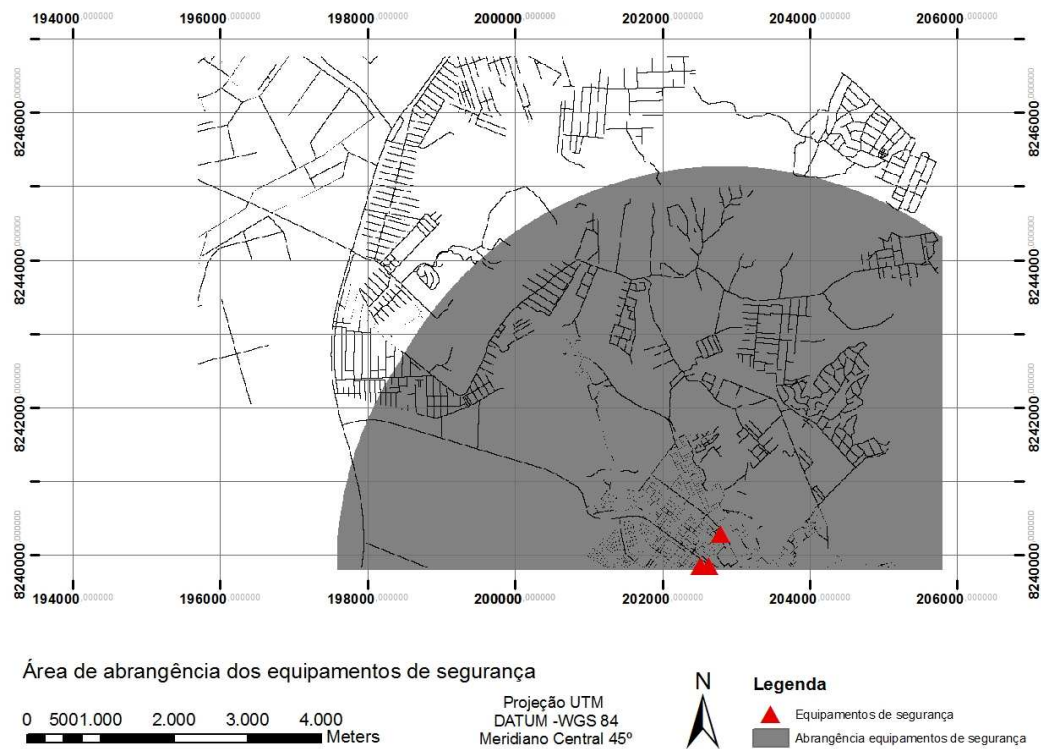
**Figura 23 -Buffer rede de água.**



**Figura 24 -Buffer equipamentos de saúde.**

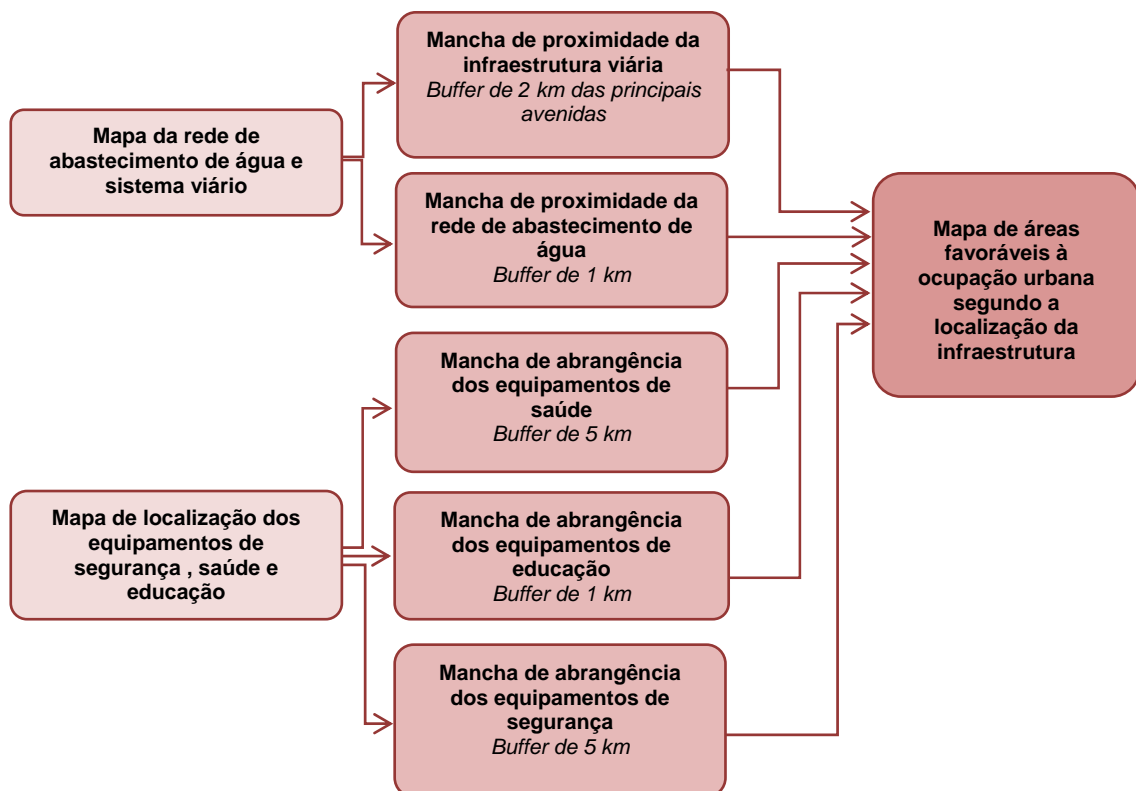


**Figura 25 -Buffer equipamentos de educação.**



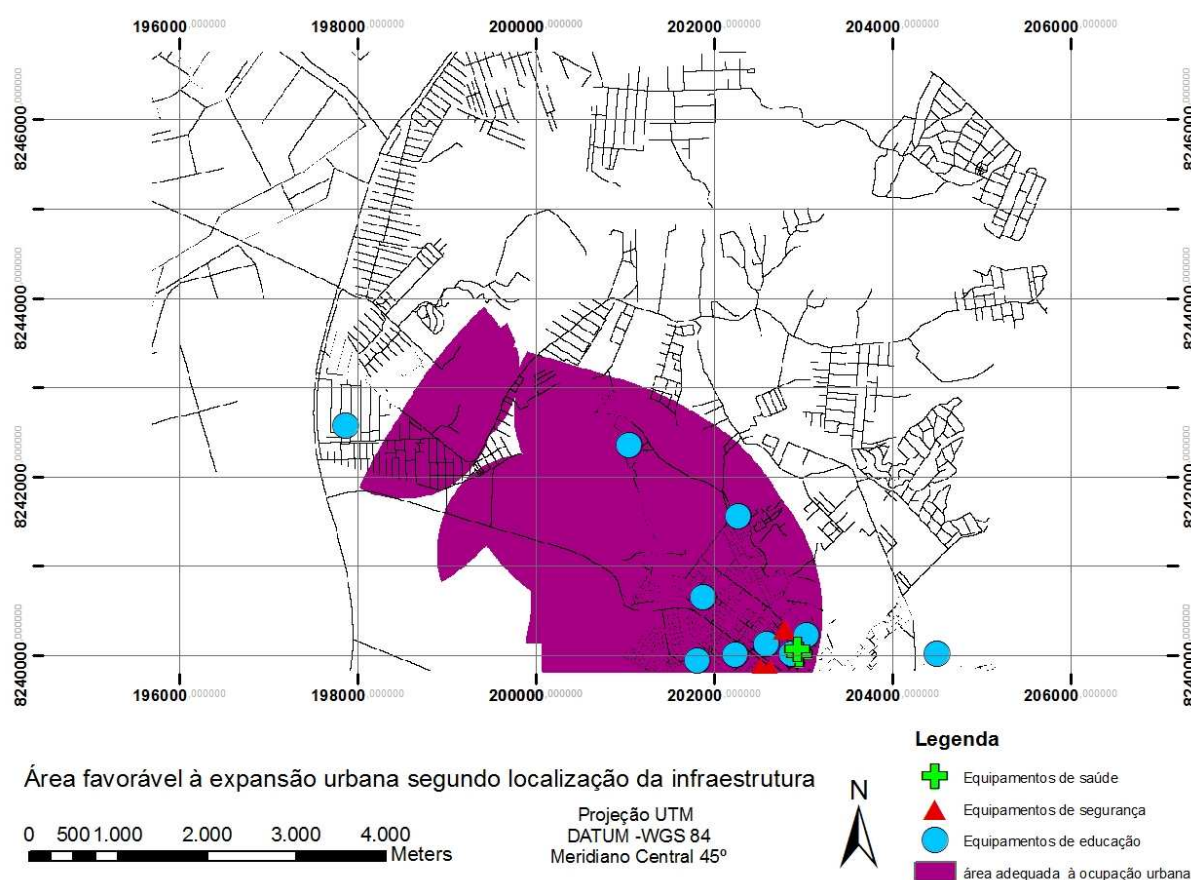
**Figura 26 -Buffer equipamentos de segurança.**

Ao final do processo realizamos o cruzamento das variáveis escolhidas. O procedimento está resumido no diagrama da Figura 27.



**Figura 27 -Fluxograma metodológico para elaboração do submodelo 2 - modelo 2.**

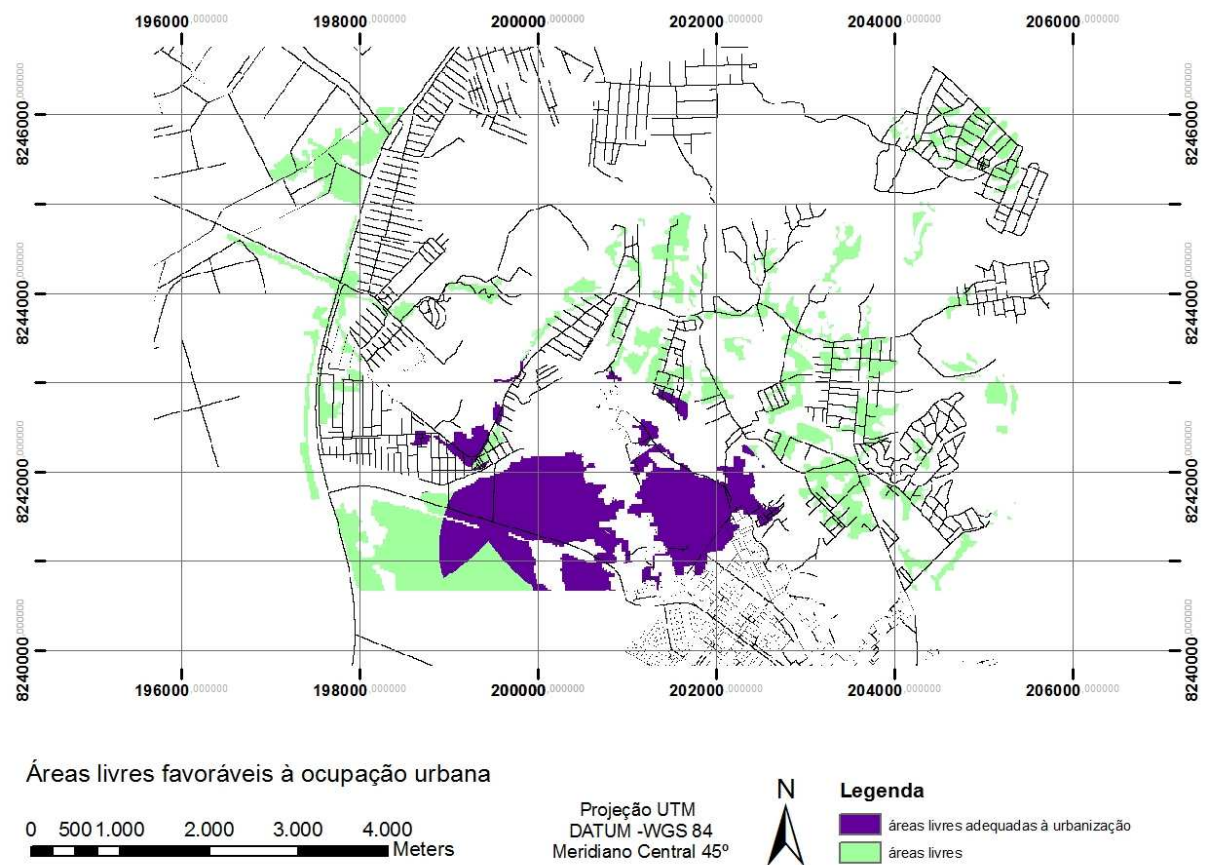
O produto final do submodelo 2 foi o mapa de áreas adequadas à expansão urbana segundo a localização da infraestrutura e equipamentos urbanos (Figura 28).



**Figura 28 - Mapas de áreas favoráveis à ocupação urbana segundo a localização da infraestrutura.**

Finalmente, reunimos os dois submodelos na determinação de áreas favoráveis à ocupação urbana (Figura 29). O procedimento consistiu na interseção da mancha de áreas livres sem restrições legais como a mancha de áreas propícias à ocupação urbana, segundo a localização da infraestrutura. Cabe ressaltar que para a inserção da mancha obtida no submodelo 2 foi realizado prévio recorte da área, uma vez que os insumos utilizados na determinação da mancha abrangeram território maior que a áreas de interesse deste estudo.





**Figura 29 - Mapa de áreas favoráveis à ocupação urbana.**

### 3. Análise dos Resultados: aspectos metodológicos e produtos

A extração de informações de ocupações urbanas, por meio de técnicas de classificação supervisionada de imagens de satélite de média resolução alcança resultados satisfatórios. Esses resultados podem ser atribuídos à resolução espectral das bandas desse tipo de imagem que permite a distinção dos alvos urbanos ou antropizados com bastante precisão.

Para redução de prováveis erros relacionados à classificação de imagens, podemos ainda utilizar dados auxiliares como, por exemplo, malha viária completa, ou o mapa de zoneamento da cidade. Atualmente essas informações estão disponíveis em formato vetorial na maioria das cidades brasileiras de médio e grande porte.

O *software* Dinamica EGO mostrou-se adequado para o desenvolvimento de uma metodologia de monitoramento urbano. A organização dos modelos através dos fluxos de dados permite que os mesmos sejam reutilizados, inserindo novos mapas nos operados de *input* facilitando a atualização das informações além de permitir o contínuo acompanhamento da evolução urbana.

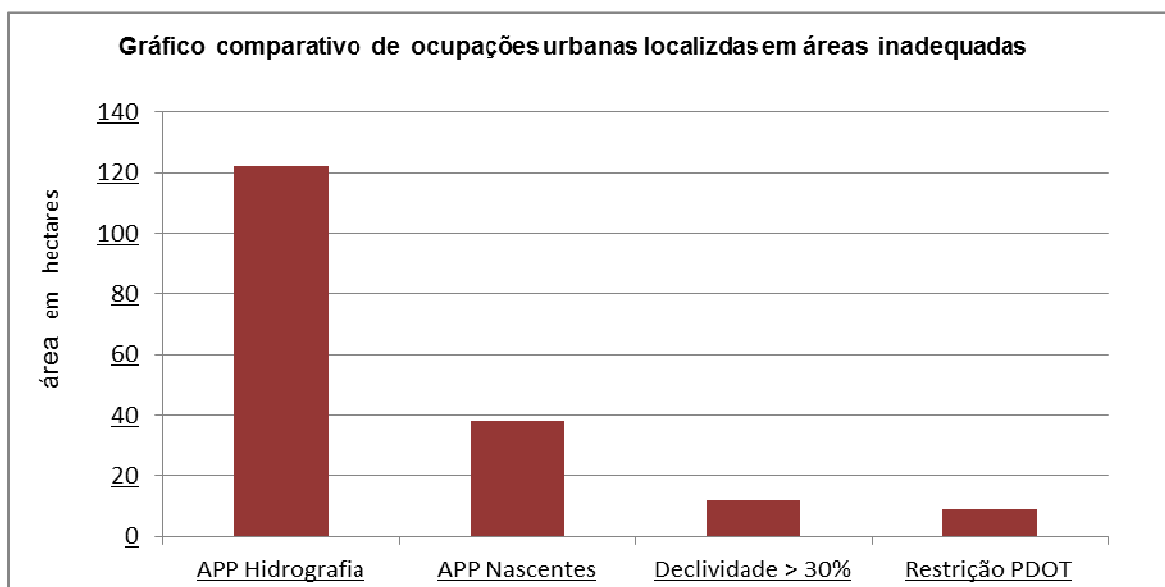
Através dos modelos elaborados neste estudo discriminou-se as ocupações urbanas localizadas em áreas inadequadas, e além disso, constatou-se a existência de áreas livres desocupadas) mais favoráveis às ocupações urbanas de acordo com parâmetros estabelecidos pelo PDOT, e demais restrições ambientais e legais cabíveis. Os resultados encontrados nos modelos foram compilados na Tabela 2.

**Tabela 2 -Resumo dos resultados obtidos.**

	Área Urbanizada	Área com restrições à ocupação urbana	Uso urbano em área inadequada	Uso urbano em área inadequada por tipo				Áreas livres adequadas à urbanização
				APP cursos d'água	APP nascentes	Declividade > 30%	Restrição PDOT	
Número de células nulas	327345	389711	475342	478458	486877	489479	489831	455446
Número de células não-nulas	163342	100976	15363	12229	3810	1208	856	35241
Área da células em metros	100	100	100	100	100	100	100	100
Área de cada tipo de uso (m²)	16334200	10097600	1536300	1222900	381000	120800	85600	3524100
Área de cada tipo de uso (Hectares)	1633,42	1009,76	153,63	122,29	38,1	12,08	8,56	352,41

Da área urbanizada total (1.633,42 ha) computamos que 9,4% (153,63 ha) está situado em localidades não compatíveis com o tipo de uso do solo urbano. O Gráfico 1 distingue os tipos de ocupação e demonstra que a maior incidência de ocupações irregulares acontece nas APP's ao longo dos cursos d'água, seguidas das APP's de nascentes. Quanto à ocorrência de ocupações urbanas em áreas com declividades superiores à 30 % percebemos que essa se dá em menores proporções.

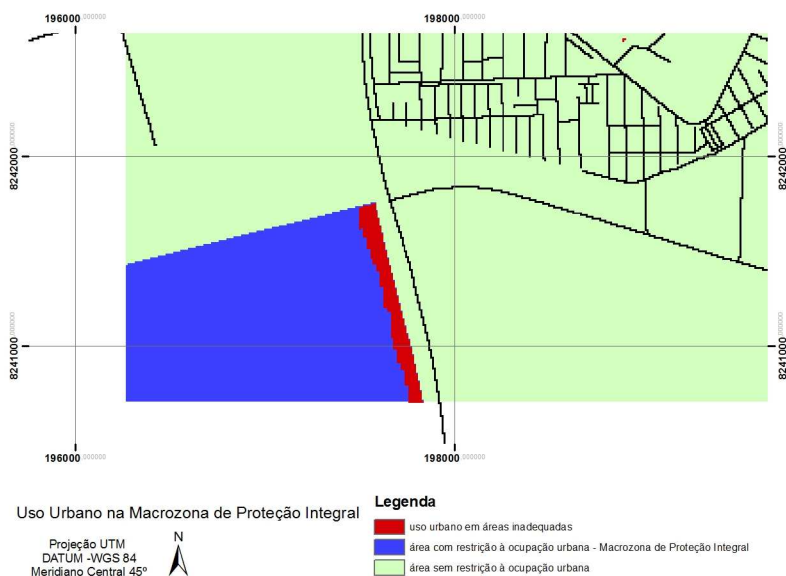
O cenário encontrado aponta que a expansão urbana nesta região do DF privilegia a ocupação de áreas de preservação ambiental, principalmente matas de galerias, o que aumenta o risco de degradação ambiental dos corpos d'águas.



**Gráfico 1** - Tipos de área de restrição afetados pelo uso de solo inadequado.

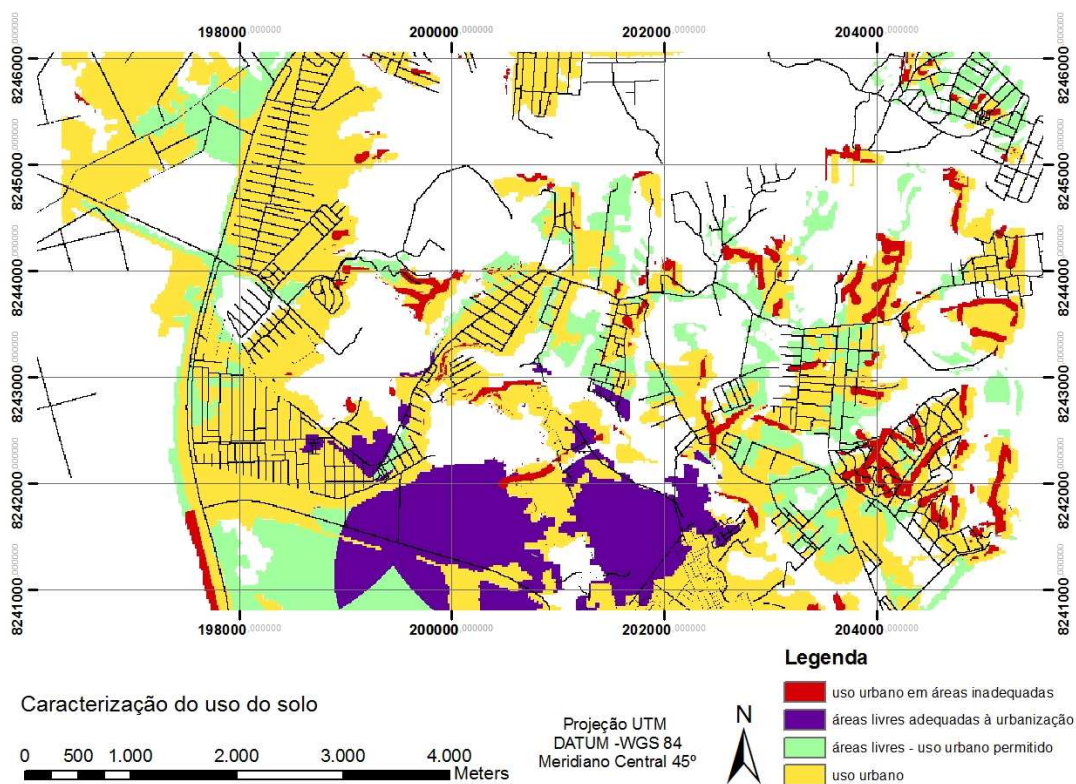
A partir da análise das manchas de ocupações urbanas em áreas inadequadas notamos ainda uma faixa de ocupação urbana situada na Macrozona de Proteção Integral, correspondente à 8,56 ha. Ao compararmos a mancha com imagem de satélite de alta resolução espacial disponibilizada pelo Google Earth, percebemos tratar-se da Estrada Parque Contorno, EPCT, situada na fronteira da área inserida no macrozoneamento em questão (figura 30).





**Figura 30 - Uso Urbano na Macrozona de Proteção Integral**

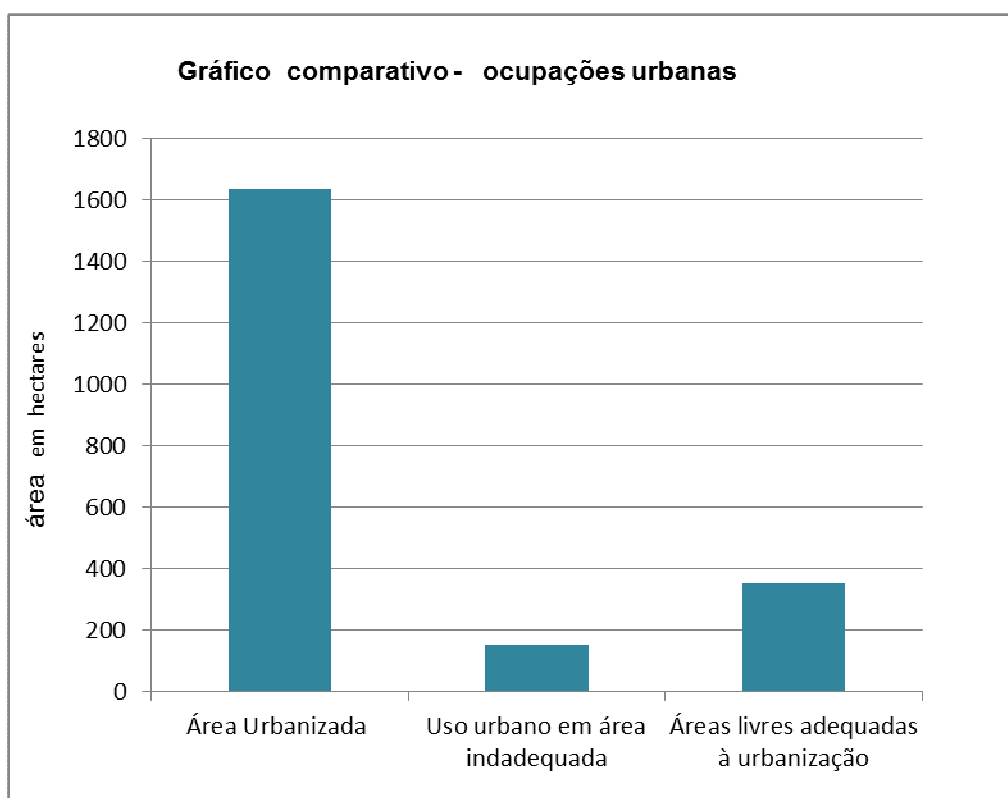
Ao confrontarmos o mapa gerado no modelo 2 “Determinação de áreas favoráveis à ocupação urbana”, com o resultado do modelo 1 “Mapa de ocupações urbanas em áreas inadequadas” notamos que o vetor de expansão urbana segue uma direção diferente do sugerido no modelo 2, Figura 31.



**Figura 31 - Caracterização do uso do solo**

As ocupações urbanas em locais inadequados, em vermelho, concentram-se na porção central, norte e nordeste do mapa. Por sua vez as áreas livres adequadas à ocupação urbana, marcados com a cor roxa, estão localizadas na porção mais ao sul do mapa.

Os resultados encontrados demonstram que a opção por ocupar espaços ambientalmente frágeis ou com outras restrições legais não está diretamente relacionada à escassez de terras, uma vez que, o total de áreas livres mais adequadas à ocupação urbana é superior ao valor total de ocupações urbanas em áreas inadequadas como podemos observar no Gráfico 2. Certamente outros fatores como preferências do consumidor, preço da terra, etc, também influenciam esses processos de ocupação uma vez que as áreas livres adequadas à ocupação urbana estão localizadas nas proximidades das áreas inadequadas à ocupação.



**Gráfico 2 - Gráfico comparativo das ocupações incidentes em áreas inadequadas.**

## 4. Conclusões

A realização deste estudo de caso confirmou que é admissível a utilização de técnicas de geoprocessamento como ferramenta de monitoramento e controle das ocupações urbanas. O tipo de informação adquirido pode subsidiar e o Poder Público na implementação de ações em resposta aos fenômenos urbanos observados neste trabalho.

O estudo também nos chama atenção para o fato de que apesar dos 10 anos do Estatuto da Cidade (Regulamentação da Política Urbana Nacional) nem todos os instrumentos de planejamento urbano são considerados no processo de criação e expansão das cidades no Distrito Federal. Esses processos irregulares de ocupação poderiam ser minimizados se o poder público dispusesse de sistemas de controle e de monitoramento do solo urbano, com informações atualizadas e periódicas acerca dos eventos de formação e expansão dos assentamentos urbanos.

Por estar baseada em modelos estáticos de avaliação multicriterial e álgebra de mapas, a metodologia de mapeamento de ocupações inadequadas desenvolvida neste estudo também pode ser reaplicada em outras ocasiões e localidades para determinação de distintos tipos de restrições tais como: as áreas de risco de deslizamento, risco de inundação e alagamento, necessitando apenas da realização prévia da espacialização das variáveis envolvidas. Nos processos de determinação de áreas mais favoráveis à ocupação urbana também podem ser adicionados outros parâmetros relacionados aos fenômenos de crescimento urbano, para a obtenção de manchas de áreas adequadas à expansão urbana.

A construção de uma metodologia nesses termos se mostra de grande utilidade e poderá até mesmo ser recomendada em programas e ações de Apoio à Gestão Urbana e Prevenção de Riscos, atualmente em fase de elaboração no Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional de Programas Urbanos.

## 5. Bibliografia

ALVES, Claudia Durand. et al. **Análise do Ambiente Residencial Urbano Visando a Inferência Populacional a Partir do Uso de Dados de Sensoriamento Remoto Orbital de Alta Resolução**. XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, 2004, de 20-24 de Setembro de 2004. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m12%4080/2006/12.07.19.02/doc/Relat%20completo.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

ALVES, Claudia Durand; FLORENZANO, Teresa Gallotti; PEREIRA, Madalena Niero. **Mapeamento de Áreas Urbanizadas Com Imagens Landsat e Classificação Baseada em Objeto**. Revista Brasileira de Cartografia, 2010, Brasil, No 62/02. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/263>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; SOUZA, Í. M. **Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens landsat**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 15, p. 120-141, 2009. DOAJ Directory of Open Access Journals Free. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/plutao@80/2009/12.22.15.39.21>>. Acesso em: 5 mai. 2010.

Antunes, A. F. B. **Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.

ARAÚJO, Eduardo Henrique Geraldi. **Análise Multi-Temporal de Cenas do Satélite Quickbird Usando um Novo Paradigma de Classificação de Imagens e Inferências Espaciais: Estudo de Caso-Belo Horizonte, MG**. São José dos Campos: INPE, 2005, 175p. Tese de Mestrado Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Disponível em: <<http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/07.24.19.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

Baatz, M.; Schäpe, A.. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, J. and Blaschke, T. (Hrsg.). **Angewandte Geogr. Informationsverarbeitung XII**, Heidelberg : Wichmann, 2000.

BAYMA A.P; SOARES NETO, **ADEQUAÇÃO DE UMA ÁREA SITUADA NA APA DE SÃO BARTOLOMEU-DF À LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**, Monografia Curso de Especialização em Geoprocessamento – IG/UnB.UNB, 2007, Brasília

Blaschke, T.; Hay, G. **Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modelling and evaluating multiscale landscape structure**. January, 2002. Disponível em: <[www.definiens.com/publications.pdf](http://www.definiens.com/publications.pdf)>. Acesso em: out. de 2011

BRIGATTI, Newton. et al. **Identificação de áreas edificadas e núcleos urbanos na região amazônica utilizando dados do sensor Landsat-TM5** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Curitiba, PR, Brasil, 2011, INPE p.6835. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0465.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2011.

BRITES, Ricardo Seixas; SOARES, Vicente Paulo; RIBEIRO Carlos Antonio Álvares Soares. **Comparação de Desempenho entre Três Índices de Exatidão Aplicados a Classificações de Imagens Orbitais**. Salvador, 1996, p. 813-821. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE. Disponível em:<<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.15.33/doc/T51.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

BURROUGH, P.A. (b. 1966, d. ----) **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Clarendon Press (Oxford Oxfordshire and New York)

CERQUEIRA, José Antônio Cavalcanti; ALVES, Alexandre de Oliveira. **Classificação de Imagens de Alta Resolução Espacial para o Mapeamento do Tipo de Pavimento Urbano**. In III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2010, Recife. Anais eletrônicos. Disponível em: <[http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO\\_CD/artigos/Todos\\_Artigos/A\\_26.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_26.pdf)>. Acesso em 18 mai. 2011

DURAND, Claudia et al. **ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE POPULAÇÃO E ÁREA URBANA (km<sup>2</sup>) VISANDO A INFERÊNCIA POPULACIONAL POR MEIO DO USO DE IMAGENS ORBITAIS** Geografia - v. 16, n. 2, jul./dez. 2007 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências

MELO, Danilo Heitor Caíres Tinoco Bisneto. **Uso De Dados Ikonos II na Análise Urbana: Testes Operacionais Na Zona Leste de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 2003. 148 p. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Melo-D-H-C-T-B-2002/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

MOREIRA, Romero da Costa. **Estudo Espectral de Alvos Urbanos com Imagens do Sensor Hss (Hyperspectral Scanner System)**. São José dos Campos: INPE, 2008, 238p. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.03.20.00/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

MOURA, A.C.M. et al, 2010. **Análise de Expansão Urbana Através de Classificação de Imagens e Análise Multicritérios como Apoio ao Planejamento Urbano Municipal – Estudo de Caso de Ribeirão das Neves – MG**. XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia - Aracaju - SE

PEREIRA, M. N.; GONÇALVES, C. D. A. B.; SOUZA, Í. M.; GARCIA, S.; PORTELA, A. G.; ALMEIDA, C. M.; ROSEMBACK, R.; FLORENZANO, T. G. **Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo do processo de urbanização**. São José dos Campos: INPE, 2005. 39 p. (INPE-12912-RPQ/251). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.29.12.22>>. Acesso em: 30 mai. 2011.

SOARES-FILHO, B S., RODRIGUES, H., COSTA, W.. **Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO**. Available at [www.csr.ufmg.br/dinamica](http://www.csr.ufmg.br/dinamica). 2009. ISBN: 978-85-910119-0-2

SOUZA, I. de M. et al. **Caracterização Socioeconômica Do Espaço Residencial Construído Utilizando Imagens de Alta Resolução Espacial e Análise Orientada a Objeto**. Geografia, jan./jun. 2007, Londrina, v.16, n.1. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6577>>. Acesso em: 05 mai. 2011.